

DE L'INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

REVUE MENSUELLE

OCTOBRE 1959

Douzième année, N° 142

SOMMAIRE

	Pages
JOURNÉES DE CHAUFFAGE, VENTILATION ET CONDITIONNEMENT DE L'AIR 25, 26, 27 et 28 mai 1959	
Chauffage et ventilation des établissements scolaires (II)	965
Série : Équipement technique (65)	
Documentation technique réunie en mai-juin 1959	1047
Documentation technique (142)	
J. C. MARÉCHAL, R. BRIGNOL, Étude des conditions d'utilisation des chauffe-eau (dans une pièce de volume minimum).	1061
Série : Essais et mesures (44)	
G. COLONNETTI, Plasticité et fluage.	1075
Série : Théories et méthodes de calcul (36)	
G. DAWANCE, Compte rendu de la conférence de Delft sur l'analyse des contraintes.	1089
Série : Variétés-Actualités-Informations (12)	
J. BOUVET, La construction des oléoducs d'évacuation du brut d'Hassi-Messaoud	1091
Série : Travaux publics (59)	

En supplément

ENQUÊTE SUR L'HABITAT EN ALGÉRIE

VII. — Le financement de la construction des logements,
par R. LEROY

Variétés, actualités, informations (13)

VISITE DE CHANTIER

La pile EL 3 — L'accélérateur Saturne au Centre d'Études
Nucléaires de Saclay.

NOTES TECHNIQUE ET D'INFORMATION

N. T. 44. Le calcin.

N. T. 45. La vibration du béton.

N. I. 51. Les peintures à souder.

N. I. 52. (Mise à jour de la N. I. 20) Ventilation
des cuisines collectives.

CENTRE D'ÉTUDES SUPÉRIEURES
ET DE DOCUMENTATION TECHNIQUE

6, RUE PAUL-VALÉRY, PARIS (XVI^e)

LABORATOIRES DU BATIMENT
ET DES TRAVAUX PUBLICS

12, RUE BRANCION, PARIS (XV^e)

BUREAU SECURITAS

4, 6, RUE DU COLONEL DRANT, PARIS (I^{er})

CENTRE D'INFORMATION ET DE
DOCUMENTATION DU BATIMENT

100, RUE DU CHERCHE-MIDI, PARIS (VI^e)

Édité par La Documentation Technique du Bâtiment et des Travaux Publics

(Société à responsabilité limitée au capital de 3 000 000 F)

C. P. PARIS 8524-12

6, rue Paul-Valéry, PARIS-XVI^e

Tél. : KLÉber 48-20

FÉDÉRATION NATIONALE DU BATIMENT ET DES ACTIVITÉS ANNEXES

Prix du livre technique " Bâtiment " 1961

HISTORIQUE

Ce prix a été créé en 1953 par la Fédération Nationale du Bâtiment et des Activités Annexes dans le but de primer un livre technique inédit destiné à diffuser mondialement les études qui contribuent le plus au renom de l'industrie française du Bâtiment et à mettre à la disposition des constructeurs une documentation pratique.

Il a été décerné en 1955 à M. Conturie pour son ouvrage « L'Acoustique dans le Bâtiment » ; en outre une mention a été attribuée à M. Jean-Pierre Lévy pour son travail sur les bétons légers.

En 1958 c'est « Le bois et la charpente en bois », de M. Brochard, qui a été primé.

Ayant constaté que l'encouragement ainsi donné aux auteurs avait suscité des candidatures intéressantes et répondu de ce fait au but qu'elle s'était fixé, la Fédération Nationale du Bâtiment a prévu pour 1961 un nouveau prix. Le montant de celui-ci a été fixé à F : 500 000 et pourra ainsi couvrir ou compenser d'une manière appréciable les frais d'établissement d'une œuvre de qualité. Les droits d'auteur qui s'ajouteront au prix constitueront une juste rémunération du travail accompli.

RÈGLEMENT D'ATTRIBUTION

Sujet.

Le sujet traité peut être choisi librement dans le domaine des questions intéressant directement le bâtiment, gros œuvre ou second œuvre.

L'ouvrage doit présenter un caractère de contribution à l'amélioration des méthodes de construction en portant un accent tout particulier sur les applications.

Rédigé avec un état d'esprit réaliste, il exposera les méthodes utilisées en vue de l'obtention de résultats concrets et se présentera comme le type de l'outil de travail destiné à guider et à faciliter la tâche quotidienne de l'utilisateur.

Il demeure entendu que si pour la justification de certaines conditions pratiques, une partie théorique s'impose, elle devra être exposée, mais en la limitant à sa fonction utile.

Il sera tenu compte de la valeur rédactionnelle : exposé du sujet, choix des illustrations, style, et de la facilité de consultation pratique : tables méthodiques et alphabétiques, tableaux récapitulatifs, etc...

Montant du prix.

La Fédération Nationale du Bâtiment remettra au lauréat un prix en espèces de F : 500 000.

En outre, le lauréat sera assuré par contrat des droits d'auteur d'usage, qui s'élèvent à 10 % du prix de vente de l'ouvrage au public.

La publication de certains manuscrits présentés, en dehors de celui qui aura reçu le prix, pourra être envisagée.

Calendrier.

La demande d'inscription devra être faite avant le 31 décembre 1959.

Le manuscrit devra être déposé ou adressé sous pli recommandé au secrétariat avant le 31 décembre 1960.

Le prix sera attribué avant le 31 mars 1961.

Conditions pour concourir.

L'auteur devra être français.

La demande d'inscription indiquera le titre de l'ouvrage et précisera que l'auteur s'engage à se conformer au présent règlement d'attribution.

Le manuscrit présenté devra comprendre de 200 à 500 pages et être impérativement tapé à la machine, à simple interligne, sur papier format 21 x 27.

Les dessins et photos seront présentés à leur place dans le texte.

La présentation du manuscrit devra permettre une lecture facile. Il sera fourni en deux exemplaires.

L'ouvrage ne devra pas avoir fait l'objet d'une publication ni d'un dépôt dans une maison d'édition en vue d'une publication et l'auteur couronné ou retenu s'engage à céder son droit de publication à la maison d'édition désignée par la Fédération Nationale du Bâtiment. Cette cession fera l'objet d'un contrat entre l'auteur et la maison d'édition aux conditions d'usage.

Un même auteur pourra présenter plusieurs ouvrages.

L'ouvrage présenté devra être exclusivement réservé au prix du livre technique Bâtiment jusqu'à ce que soit connue la décision du jury et ne pourra participer à aucune compétition similaire.

L'ouvrage qui aura déjà obtenu un prix dans une compétition analogue ne pourra concourir au prix du livre technique « Bâtiment ».

Les décisions du jury seront absolument sans appel et aucune réclamation quelle qu'elle soit ne sera acceptée.

Le jury pourra reporter le prix s'il estime que les travaux présentés sont insuffisants.

Les textes non retenus seront retournés à leurs auteurs sur leur demande.

SECRÉTARIAT

Le secrétariat est assuré par l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics, 6, rue Paul-Valéry, Paris XVI^e.

SUPPLÉMENT AUX

ANNALES DE L'INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

OCTOBRE 1959

Douzième Année, N° 142.

Série : ÉQUIPEMENT TECHNIQUE (65)

CENTRE D'ÉTUDES SUPÉRIEURES

**JOURNÉES DE CHAUFFAGE,
VENTILATION ET CONDITIONNEMENT DE L'AIR
25, 26, 27 et 28 Mai 1959**

sous la présidence de

M. A. MISSENARD,

Président d'Honneur du Comité Scientifique et Technique de l'Industrie du Chauffage
et de la Ventilation (Co. S. T. I. C.)

**COMMUNICATIONS TECHNIQUES
RELATIVES AUX PROBLÈMES
DU CHAUFFAGE ET DU CONDITIONNEMENT
(II)**

ORGANISATIONS SYNDICALES ET ORGANISMES SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES
DE LA THERMIQUE
INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

SOMMAIRE

OCTOBRE

CHAUFFAGE ET VENTILATION DES ÉTABLISSEMENTS SCOLAIRES (II)

J. Koziarski, Le chauffage et la ventilation des établissements scolaires en Pologne	967
W. Kruger, Ventilation et chauffage des écoles en Allemagne	989
I.-F. Livtchak, Le développement du chauffage et de la ventilation des constructions scolaires en U.R.S.S.	1002
A. Macskasy, Considérations sur le chauffage des établissements scolaires en Hongrie	1012
F. Squassi, Chauffage et ventilation des établissements scolaires en Italie	1025
C. Chargrassé, Le chauffage dans les locaux scolaires en France	1032
A. Missenard, Synthèse des rapports	1037

DÉJÀ PARU :

SEPTEMBRE

Présentation générale des Journées, par M. le Président Missenard	927
---	-----

CHAUFFAGE ET VENTILATION DES ÉTABLISSEMENTS SCOLAIRES (I)

J. B. Dick, Chauffage et ventilation des écoles en Angleterre	929
J. McElgin, La pratique américaine du chauffage et de la ventilation des établissements scolaires	937
A. de Grave, Le chauffage des bâtiments scolaires belges	949

CONTENT

OCTOBER

HEATING AND VENTILATION OF SCHOOL BUILDINGS (II)

J. Koziarski, Heating and ventilation of school buildings in Poland	967
W. Kruger, Ventilation and heating of schools in Germany	989
I.-F. Livtchak, The development of heating and ventilation of school buildings in the U.S.S.R.	1002
A. Macskasy, Considerations on the heating of school buildings in Hungary	1012
F. Squassi, Heating and ventilation of school buildings in Italy	1025
C. Chargrassé, Heating of school premises in France	1032
A. Missenard, Synthesis of the communications ..	1037

ALREADY PUBLISHED :

SEPTEMBER

General presentation of the sessions by the Chairman, Mr. Missenard.....	927
--	-----

HEATING AND VENTILATION OF SCHOOL BUILDINGS (I)

J. B. Dick, Heating and ventilation of schools in England.	929
J. McElgin, American practice in the heating and ventilation of school buildings.....	937
A. de Grave, The heating of Belgian school buildings..	949

(A suivre page 10)

SOUS LA PRÉSIDENTENCE D'HONNEUR DE

M. P. DONZELOT

Directeur Général de l'Équipement Scolaire, Universitaire et Sportif
au Ministère de l'Éducation Nationale de la Jeunesse et des Sports

ET LA PRÉSIDENTENCE EFFECTIVE DE

M. G. LE MEUR

Chef du Service technique à la Direction de
l'Équipement Scolaire, Universitaire et Sportif

Chauffage et ventilation des Établissements scolaires

LE CHAUFFAGE ET LA VENTILATION DES ÉTABLISSEMENTS SCOLAIRES EN POLOGNE

par **Joseph KOZIERSKI**

Professeur à l'Université Technique de Varsovie

M. le Président MISSENAUD. — Le professeur Joseph Koziarski participe, à ma connaissance, pour la première fois à nos travaux. Il enseigne à l'École Polytechnique de Varsovie depuis 1946 et dirige l'Institut des Installations du Bâtiment à la Faculté d'Architecture.

Il fut directeur technique d'une entreprise polonaise d'installations de 1941 à 1949. C'est donc aussi bien un praticien qu'un théoricien, ce qui donne un poids particulier à ses études. Ses publications sont déjà nombreuses; en particulier une nouvelle méthode de calcul de l'émission des panneaux à tubes enrobés et il participe régulièrement aux congrès scientifiques de différents pays.

Conseiller au Ministère de la Construction et des Matériaux de Pologne, il est membre de la section de Chauffage et de Ventilation de l'Académie polonaise des Sciences. Je ne sais si cette dernière correspond à notre Académie Française des Sciences, mais elle est certainement très avisée d'avoir créé une section « Chauffage et Ventilation ». C'est un juste hommage au caractère scientifique, trop souvent méconnu, de notre profession.

Importance des bâtiments scolaires en Pologne après la guerre et la nécessité de construire de nouveaux bâtiments au cours des huit prochaines années.

Dans cette communication nous allons examiner les problèmes se rapportant au chauffage et à la ventilation des bâtiments scolaires, destinés aux écoles maternelles (pour enfants âgés de trois à six ans) et aux écoles primaires et secondaires (pour enfants âgés en principe de sept à dix-sept ans).

La durée de l'enseignement primaire et secondaire comporte au total onze années d'études.

Nous n'examinerons pas le problème des écoles supérieures qui ont un caractère spécial et exigent des investissements moins importants que les écoles primaires et secondaires.

Le tableau I donne un aperçu tant du développement de la construction d'écoles pendant la période qui a suivi la deuxième guerre mondiale (1946-1957) que du développement

RÉSUMÉ

L'auteur précise d'abord l'étendue des programmes de construction des bâtiments scolaires, rendus indispensables en Pologne aussi bien par les grandes destructions de la seconde guerre mondiale que par la natalité qui est la plus grande d'Europe. En raison de la grande industrialisation de la Pologne l'accroissement de la population a lieu surtout dans les villes.

Il souligne ensuite le rôle important du chauffage et de la ventilation dans les bâtiments scolaires. Ces installations conditionnent le microclimat des salles de classe et influencent en conséquence le développement hygiénique et physiologique des jeunes générations. Le rôle de ces installations s'est accru durant ces dernières années en raison des nouvelles tendances qui se sont manifestées en Pologne dans le domaine de l'éducation de la jeunesse et qui exigent l'organisation des aménagements des bâtiments scolaires en liaison étroite avec l'ambiance et en ménageant le plus grand accès possible à la lumière naturelle; c'est ce que l'on appelle « les écoles ouvertes ».

Après une étude du climat de Pologne, et, en particulier

des températures extérieures, de l'humidité de l'air, de l'ensoleillement et de la vitesse des vents pendant toute l'année et spécialement pendant l'année scolaire et une énumération des règles d'implantation des bâtiments scolaires dans les villes et à la campagne, l'auteur rappelle les fonctions que doivent remplir les installations de chauffage et de ventilation.

Il donne des exemples des divers systèmes employés, analyse leurs avantages et leurs défauts du point de vue de l'hygiène de la technique et de l'économie et en se basant sur cette analyse, il indique lesquels de ces systèmes remplissent le mieux leur tâche.

Enfin, à la lueur des expériences faites en Pologne, l'auteur précise la direction dans laquelle doit être dirigé le progrès technique dans l'organisation du microclimat à l'intérieur des bâtiments scolaires et dans la réalisation des installations de chauffage et de ventilation pour obtenir les meilleures conditions hygiéniques et physiologiques pendant l'éducation des jeunes générations.

(Voir résumé en anglais page 969).

TABEAU I
Développement de la construction d'écoles en Pologne après la guerre, de 1946 à 1957, et prévisions pour la période de 1957 à 1965.

	1946	Accroissement 1946-1957	1957	Accroissement 1957-1965	1965
Population totale de la Pologne (en millions)	24,0	4,5	28,5	4,0	32,5
%	100 % par an	19 %	100 % par an	18 %	100 % par an
Dans les villes (en millions)	7,5	5,5	13,0	4,0	17,0
%	32 %	74 %	46 %	31 %	52 %
A la campagne (en millions)	16,5	— 1,0	15,5	—	15,5
%	68 %	— 6 %	54 %	0 %	48 %
Écoles maternelles pour enfants de 3 à 6 ans. Nombre de bâtiments	3 700	4 700	7 400	4 000	11 400
Volume global (en millions de m³)	—	10,5	—	11,0	—
Volume avec chauffage central (en millions de m³)	—	7,5	—	8,0	—
Nombre d'enfants (en millions)	0,20	0,16	0,36	0,44	0,80
Écoles primaires et secondaires pour élèves de 7 à 17 ans	au total				
Nombre de bâtiments	23 000	6 000	29 000	11 000	40 000
Nombre de classes	75 000	45 000	120 000	60 000	180 000
Volume global (en millions m³)	—	37,5	—	49,0	—
Volume avec chauffage central (en millions de m³)	—	27,5	—	42,0	—
Volume chauffé par des poêles (en millions de m³)	—	10,0	—	7,0	—
Nombre d'enfants (en millions)	3,8	0,8	4,6	1,8	6,4
Nombre d'enfants par classe	50	—	38	—	36
dans les villes					
Nombre de bâtiments	5 000	2 000	7 000	8 000	15 000
Nombre de classes	25 000	18 000	43 000	40 000	83 000
Nombre d'enfants (en millions)	1,8	0,8	2,2	1,2	3,4
Nombre d'enfants par classe	56	—	51	—	41
à la campagne					
Nombre de bâtiments	18 000	4 000	22 000	3 000	25 000
Nombre de classes	50 000	27 000	77 000	20 000	97 000
Nombre d'enfants (en millions)	2,4	—	2,4	0,6	3,0
Nombre d'enfants par classe	48	—	31	—	31

la construction d'écoles, fixé dans les plans prévus pour les huit prochaines années.

Ce tableau nous indique qu'un très grand accroissement de la natalité s'est manifesté en Pologne, après la deuxième guerre mondiale, accroissement le plus important d'Europe. L'un des plus élevés dans le monde entier, se montant à 3-19 % par an (avant la guerre, pendant la période comprise entre 1936 et 1938, l'accroissement de la natalité en Pologne était de 11,2 % par an) et que c'est également après la guerre qu'a commencé le grand processus de l'industrialisation du pays et de son urbanisation.

Ces deux phénomènes, ainsi que le nombre restreint de bâtiments scolaires qui n'avaient pas été détruits pendant la guerre, entraîneront la nécessité de procéder à une construction intensive d'écoles, en priorité dans les villes. Pendant la période comprise entre 1946 et 1957, le nombre d'enfants fréquentant les écoles s'était sensiblement accru et était passé de 3 800 000 à 4 600 000, c'est-à-dire qu'il avait augmenté d'environ 21 %, alors que le total de la population s'était accru d'environ 19 %. La différence insignifiante entre ces deux chiffres, généralement beaucoup plus importante, est due au fait que de 1948 à 1952 allaient à l'école les enfants nés au cours de la guerre de 1941 à 1945. Pendant ces cinq années, l'accroissement de la natalité avait été relativement peu élevé et se montait à environ 1 940 000 personnes. Au cours des deux périodes quinquennales suivantes, de 1946 à 1950, et de 1951 à 1955, l'accroissement de la natalité en Pologne était respectivement de 3 010 000 et de 3 340 000 personnes.

Au cours des huit prochaines années (de 1958 à 1965 inclusivement) nous devons envisager un très grand effort pour la construction d'écoles. Actuellement, de très nombreux enfants nés après la guerre vont déjà en classe, et nous prévoyons qu'au cours des huit prochaines années le nombre des élèves des écoles primaires et secondaires augmentera d'environ 40 %.

En outre, cet accroissement du nombre des élèves se rattache au nouveau plan selon lequel, dans quelques années, l'enseignement dans les écoles primaires et secondaires sera prolongé et, au lieu de onze années, comportera douze années d'études.

Dans les écoles primaires et secondaires, conformément aux normes acceptées en Pologne, le nombre des élèves est fixé à quarante par classe.

2. Importance des installations de chauffage et de ventilation dans les bâtiments scolaires en général et dans les bâtiments scolaires traditionnels et modernes.

Le chauffage et la ventilation contribuent à créer un microclimat dans les locaux scolaires où la jeunesse polonaise, au cours de sept à onze années, passe 36 semaines par an et environ 34 h par semaine, soit au total environ 1 300 h par an.

Pendant cette longue période, les organismes des jeunes subissent les principaux processus de développement et de maturité et l'influence que le milieu ambiant exerce alors sur eux a une importance décisive.

La qualité de l'air, sa température, son humidité et son renouvellement, outre l'influence qu'ils exercent sur le développement des jeunes, influent également sur leur état pathologique.

La plupart des maladies infectieuses dont souffrent les enfants à l'âge scolaire sont dues à l'infection par *gouttelettes expectorées*. Par conséquent, ce sont les conditions du milieu qui exercent une influence décisive sur la durée et l'extension des bactéries, notamment la température et l'humidité de l'atmosphère dans les locaux ainsi que l'importance du renouvellement de l'air.

Comme le chauffage et la ventilation exercent une influence décisive sur toutes ces particularités du milieu, on voit nettement le rôle important que ces installations jouent dans les locaux scolaires.

Depuis une quinzaine d'années on peut observer dans les écoles des courants d'éducation moderne.

Les principes suivants font partie des traits caractéristiques de l'éducation moderne des enfants :

1. Créer un homme, c'est le but principal de l'enseignement ;
2. À l'école, l'enfant doit être le sujet de l'enseignement, et non son objet.
3. Lorsque l'enfant s'instruit, les étapes suivantes doivent se succéder : a) un vif intérêt de l'enfant pour le monde qui l'entoure et la tendance à s'assimiler l'image d'objets aussi nombreux que possible, c'est ce qu'on appelle la perception sensorielle ; b) associer les différentes idées en notions, lois et conclusions générales par le travail de son propre intellect ;

SUMMARY

The author first defines the extent of school building programs, which became absolutely necessary in Poland on account not only of the great destructions of the Second World War, but also of the birth-rate which is the highest in Europe. Owing to the great industrialization of Poland, the increase of population takes place principally in the towns.

He then stresses the importance of heating and ventilating installations in school buildings. These installations condition the microclimate of class rooms, and accordingly influence the sanitary and physiological development of the rising generations. The role of these installations has become more important during these last years on account of the new tendencies expressed in Poland, concerning the education of the youth, which demand that school building be planned in close touch with the environment and arranged so as to give the maximum daylight ; it is what is called « the open schools ». After a study of the climate in Poland, and particularly of the outside

temperatures, of the air moisture, of the insolation and of the wind velocities during the whole year and especially during the school year, and an enumeration of the rules governing the choice of site for school buildings in the town and in the country, the author recalls the functions to be carried out by the heating and ventilating installations. He gives examples for the various systems employed, analyses their advantages and defects from the point of view of the health, of the technics and of the economy ; on the basis of this analysis, he indicates those of these systems which perform their task under the best conditions.

Finally, on the basis of the experiences made in Poland, the author specifies the direction to be given to the technical progress in the organization of the microclimate inside of school buildings and in the realization of the heating and ventilating installations in order to obtain the best sanitary and physiological conditions during the education of rising generations.

et c) revenir du monde des idées aux notions de la pratique. Ces principes de la didactique moderne nécessitent avant tout de tenir compte de l'emplacement de l'école et de l'aménagement des salles d'études. Ces dernières doivent être liées à leur ambiance de manière à ce que l'enfant ait une grande variété d'objets devant les yeux, aussi bien d'objets dus à la main de l'homme que d'objets créés directement par la nature. En rapport avec ceci, l'école doit être située dans un cadre de verdure. Les classes des élèves de première année, doivent être situées au rez-de-chaussée et liées aussi étroitement que possible au jardin.

4. Au cours de l'enseignement, l'enfant doit passer graduellement du cercle familial restreint à la large communauté.

Ce principe, entraîne la nécessité d'organiser les classes avec les bancs disposés librement; il y a lieu de donner à la classe la forme d'un carré, et non d'un rectangle allongé, caractéristique des anciennes écoles.

5. L'entourage dans lequel l'enfant grandit doit lui être aussi compréhensible que possible; il doit être à son niveau. Il ne doit pas l'oppresser par sa grandeur et sa hauteur. C'est de là que vient la tendance nouvelle d'éviter les écoles à étages nombreux, et de donner la préférence aux écoles à un ou deux étages.

Les bâtiments scolaires modernes, peu élevés et de plan très libre ont, par la nature des choses, de plus grandes surfaces extérieures et un plus grand contact avec le milieu extérieur. Les locaux qu'ils contiennent sont donc bien plus exposés aux changements du climat extérieur. Lorsque l'ingénieur du chauffage et de la ventilation projette ces écoles modernes, la nécessité d'assurer à l'intérieur de ces bâtiments un micro-climat approprié, si important pour la santé des enfants, lui impose des tâches bien plus difficiles et complexes que lorsqu'il établit les plans d'un bâtiment scolaire traditionnel.

Ces tâches consistent 1°) à construire des parois extérieures isolant bien mieux la chaleur, de manière à ne pas augmenter les pertes de chaleur et à assurer une température moyenne de ces parois qui ne soit pas trop basse pendant la période de l'hiver, ni trop haute pendant la période de l'été; 2°) à appliquer un système de chauffage permettant d'obtenir une température moyenne appropriée, résultant de l'équilibre de la radiation froide des parois extérieures munies de grandes fenêtres; 3°) à appliquer un système de ventilation assurant d'une part un renouvellement d'air suffisant et, d'autre part, un passage de l'air pas trop rapide à travers les locaux, surtout lorsque à l'extérieur la vitesse du vent est plus grande.

3. Le climat extérieur de la Pologne.

Lorsqu'on examine le chauffage et la ventilation des bâtiments scolaires en Pologne et que l'on veut définir un micro-climat approprié aux locaux scolaires durant la période de leur utilisation, c'est-à-dire du 1^{er} septembre au 20 juin, il faut — en tenant compte des conditions extérieures variables — disposer des données climatiques suivantes :

1° température extérieure minimale prise pour base de calcul;

2° force des vents définie par leur vitesse et leur direction;

3° humidité de l'air extérieur;

4° ensoleillement.

Les températures extérieures minimales dans les six principales zones climatiques de la Pologne, utilisées pour calculer la chaleur nécessaire ($t_e = t_{s_0}$) prescrite par la nouvelle norme définie en 1958 (P. N. B. 02403) sont indiquées figure 1. Cette norme définit les températures extérieures minimales en tant que moyenne des trois hivers les plus froids au cours des trente dernières années, 1929, 1940 et 1956, en prenant

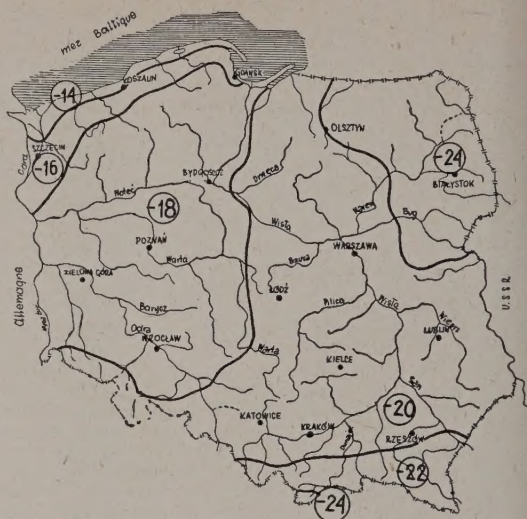


Fig. 1. — Carte des températures extérieures de base en Pologne.

pour chacun de ces hivers la température moyenne des cinq jours consécutifs les plus froids.

On trouvera dans le tableau II une documentation statistique détaillée des températures de Varsovie.

La vitesse des vents est indiquée par les figures 2 et 3, et l'humidité par le tableau III.

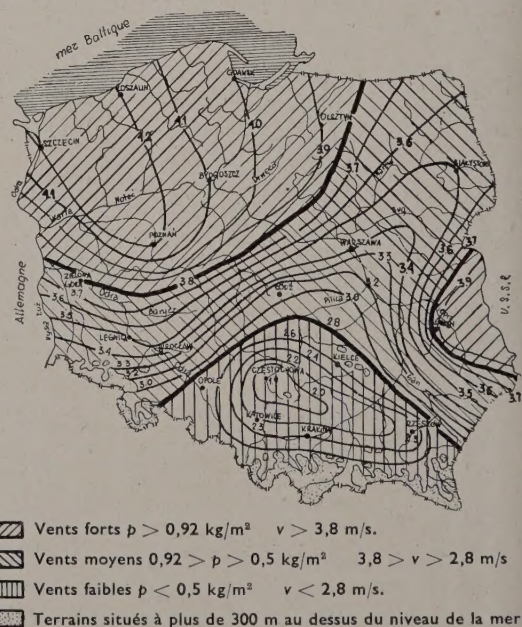


Fig. 2. — Vitesse moyenne annuelle des vents en Pologne.

- Vents forts $p > 0,92 \text{ kg/m}^2$ $v > 3,8 \text{ m/s}$.
- Vents moyens $0,92 > p > 0,5 \text{ kg/m}^2$ $3,8 > v > 2,8 \text{ m/s}$.
- Vents faibles $p < 0,5 \text{ kg/m}^2$ $v < 2,8 \text{ m/s}$.
- Terrains situés à plus de 300 m au dessus du niveau de la mer.

TABLEAU II

Fréquence moyenne des températures extérieures pendant la période de chauffage à Varsovie

Température extérieure °C	— 27	— 26	— 25	— 24	— 23	— 22	— 21	— 20	— 19
Durée d'une température donnée (heures)	1	1	1	1	2	3	4	5	10
Durée de ces températures et de températures plus basses	1	2	3	4	6	9	13	18	28
I	— 18	— 17	— 16	— 15	— 14	— 13	— 12	— 11	— 10
II	12	14	18	22	26	30	38	47	57
III	40	54	72	94	120	150	188	235	292
I	— 9	— 8	— 7	— 6	— 5	— 4	— 3	— 2	— 1
II	68	80	95	112	131	148	171	202	258
III	360	440	535	647	798	926	1097	1299	1957
I	+ 0	+ 1	+ 2	+ 3	+ 4	+ 5	+ 6	+ 7	+ 8
II	390	400	384	315	292	278	262	244	224
III	1947	2347	2731	3 046	3338	3 616	3878	4 122	4 346
I	+ 9	+ 10							
II	199	144							
III	4545	4689							

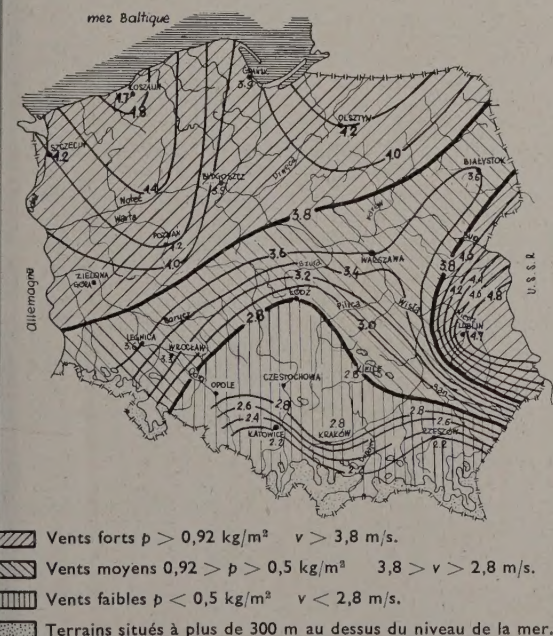


Fig. 3. — Vitesse moyenne des vents en hiver (déc., janv., fév.)

Quant à l'ensoleillement il est analysé figure 4. Les diagrammes de cette figure montrent que l'ensoleillement le plus uniforme est obtenu dans les classes exposées au sud; c'est pour cette orientation que la pénétration est la plus profonde en hiver et la moins profonde en été. Par conséquent ce sont les classes exposées au sud qui ont le meilleur ensoleillement.

En se basant sur les recherches effectuées récemment dans les localités situées sous la latitude septentrionale, c'est-à-dire au bord de la Baltique, on a constaté que le soleil fournit annuellement le plus de chaleur et de lumière aux locaux scolaires exposés au sud, bien moins aux locaux exposés au sud-est et au sud-ouest et le moins aux locaux exposés à l'est ou à l'ouest (tableau IV).

Enfin, en tenant compte de la fatigue qui se manifeste chez les enfants pendant les dernières heures de l'enseignement, il faut rechercher une exposition des classes où l'ensoleillement est le plus intensif pendant les premières heures de la journée.

Ces résultats prouvent que l'orientation la plus favorable du point de vue thermique, du point de vue de l'éclairage et du point de vue hygiénique est l'exposition sud ou sud-est, et la moins favorable, ouest ou est.

4. Objectifs des installations de chauffage.

En Pologne, le chauffage des bâtiments scolaires est prévu pour la période pendant laquelle les températures extérieures moyennes au cours de 24 heures sont inférieures à $+ 10^\circ \text{C}$.

TABEAU III
Températures mensuelles moyennes et humidité relative et absolue (en g/kg) de l'air extérieur, notées
au cours de plusieurs années dans cinq villes de Pologne.

Mois	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	par an	
Villes														
<i>t</i>	—2,1	—1,2	1,9	7,2	13,0	16,4	18,4	16,9	13,1	7,8	2,7	—0,6	7,8	<i>t</i> ⁰ C
%	86	85	80	73	68	67	70	73	78	84	87	87	83	φ %
<i>x</i>	2,72	2,9	3,47	4,6	6,36	7,83	9,28	8,78	7,34	5,51	4,0	3,12	5,49	x G/Kb
<i>t</i>	—1,4	—0,5	3,0	8,0	13,8	17,1	19,0	17,7	13,9	8,6	3,3	0,0	8,5	<i>t</i> ⁰ C
%	89	86	81	74	68	67	69	71	77	83	88	89	84	φ %
<i>x</i>	2,99	3,12	3,81	4,92	6,7	8,16	9,52	8,99	7,63	5,76	4,22	3,36	5,77	x G/Kb
<i>t</i>	—2,9	—2,0	1,8	7,6	13,8	16,8	18,6	17,2	13,3	7,8	2,3	—1,3	7,8	<i>t</i> ⁰ C
%	87	85	81	75	70	71	73	75	79	85	88	89	86	φ %
<i>x</i>	2,58	2,71	3,49	4,85	6,9	8,49	9,81	9,2	7,54	5,58	3,93	3,02	5,68	x G/Kb
<i>t</i>	—1,1	—0,2	3,4	8,2	13,8	16,9	18,8	17,7	14,2	9,0	3,6	0,4	8,7	<i>t</i> ⁰ C
%	83	81	75	68	65	64	65	66	72	77	82	85	79	φ %
<i>x</i>	2,86	3,01	3,62	4,59	6,40	7,7	8,85	8,36	7,27	5,49	4,02	3,9	5,51	x G/Kb
<i>t</i>	—2,5	—1,4	3,0	8,1	13,9	16,8	18,8	17,5	13,8	8,6	3,1	—0,8	8,2	<i>t</i> ⁰ C
%	85	84	79	74	72	74	75	76	79	83	86	87	97	φ %
<i>x</i>	2,6	2,82	3,71	4,96	7,14	8,85	10,22	9,5	7,78	5,76	4,07	3,07	5,87	x G/Kb

TABEAU IV
Chaleur et lumière fournies annuellement par le rayonnement solaire aux locaux scolaires suivant leur exposition

Exposition des locaux scolaires	Quantité de charbon utilisée par an pour chaque m ² de surface de fenêtres en kg	Quantité de lumière fournie par les fenêtres au cours des six mois d'hiver pourcentage
Classes exposées au sud, locaux auxiliaires exposés au nord	0	100
Classes exposées au sud-est ou au sud-ouest, locaux auxiliaires exposés au nord-ouest ou au nord-est	5	80
Classes exposées à l'est ou à l'ouest, locaux auxiliaires exposés à l'ouest ou à l'est	25	40

Cette période dure en général du 9 octobre au 22 avril, c'est-à-dire pendant 196 jours, alors que l'année scolaire commence le 1^{er} septembre et se termine le 20 juin et comprend par conséquent 293 jours. Le chauffage doit donc assurer un microclimat approprié pendant les deux tiers de l'année scolaire, lorsque la température extérieure varie entre + 10° C et — 14° C ou — 24° C, selon les régions.

Pour avoir un microclimat approprié dans les locaux scolaires dotés d'un chauffage satisfaisant, on recherche :

1° une température de l'air maximale dans les locaux de $t_p = + 18^{\circ} \text{C}$;

2° une température maximale résultante — tenant compte du rayonnement de toutes les surfaces dans la classe, ainsi que de la chaleur produite par les enfants qui s'y trouvent (alors que la température maximale de l'air est de $t_p = + 18^{\circ} \text{C}$), de $t_{od} = 18^{\circ} \text{C}$ à 19°C .

3° une température intérieure minimale des parois extérieures rayonnant la chaleur, inférieure à la température de l'air de t_p , $\Delta t \leq 5,4^{\circ} \text{C}$;

4° une température minimale du plancher dans les classes inférieure à la température de l'air t_p , $\Delta t \leq 2,5^{\circ} \text{C}$;

5° un gradient de la température dans les classes ne dépassant pas $1,5^{\circ} \text{C}$ par 1 m de hauteur;

6° une amplitude des oscillations de la température ne dépassant pas au même niveau 2°C ;

7° des températures de surface de corps de chauffe aussi basses que possible et en écartant en tous cas les éléments ayant une température supérieure à 80°C (à cette température il faudrait une distance les séparant des enfants de 1 à 1,5 m),

8° la chaleur produite par les surfaces de chauffe doit être émise surtout par rayonnement et le moins possible par con-

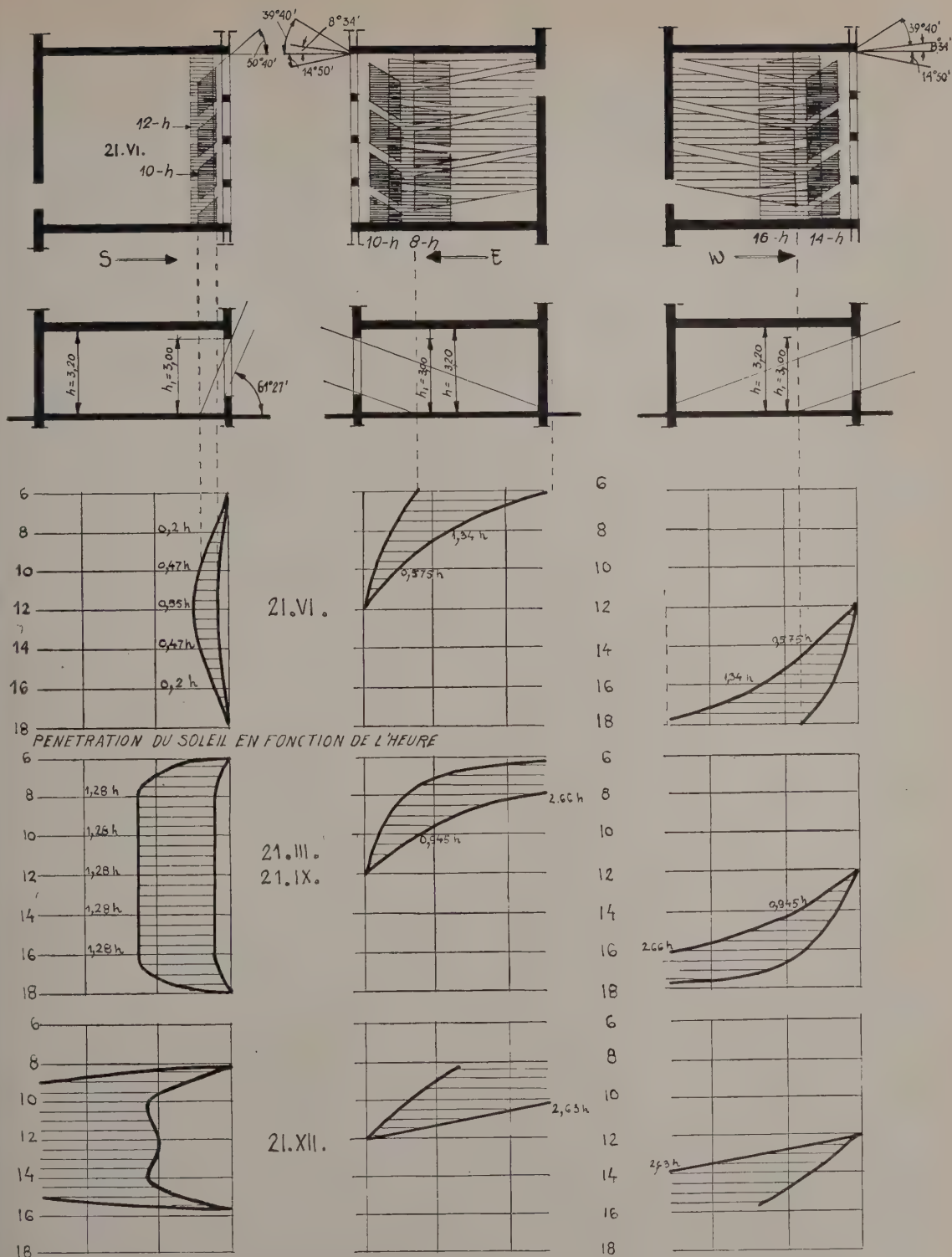


Fig. 4. — Ensoleillement des salles de classe exposées au sud, à l'est et à l'ouest à différentes heures du jour et différentes époques de l'année (latitude 52° N).

vection, afin d'éviter les courants d'air particulièrement nocifs au ras du sol qui déplacent les particules de poussière chargées de microbes. Ici, nous pouvons citer une expérience faite en Angleterre. De deux écoles qui fonctionnaient dans une localité, l'une était munie d'un chauffage à eau où la chaleur était diffusée surtout par convection, et la seconde, d'un chauffage à eau, où la chaleur était diffusée du plafond, surtout par rayonnement. Or, pendant une épidémie de grippe, 40 % des élèves de l'école munie de chauffage par convection furent malades, et seulement 8 % des élèves de l'école chauffée par rayonnement;

9° pendant les heures de classe, les variations de la température de l'air ne sont admissibles que dans les limites de 2°C, c'est-à-dire de + 16°C à + 18°C, afin que les enfants ne soient ni surchauffés, ni insuffisamment; cette condition a une grande importance parce que l'organisme des enfants, bien plus facilement que celui des adultes, subit l'influence de la température ambiante et que le corps de l'enfant évacue moins régulièrement ses calories que celui d'un adulte. En outre, le corps de l'enfant évacue la chaleur avec une plus grande intensité que ne le fait le corps de l'adulte; aussi la même différence de température entre la température du corps et la température ambiante ainsi qu'une évacuation excessive ou insuffisante de la chaleur sont beaucoup plus marquées chez les enfants que chez les adultes.

Chez les adultes, dont la surface moyenne du corps est de 1,8 m² et qui évacuent dans la position assise environ 104 kcal/h, l'intensité de l'évacuation de la chaleur est d'environ 56 kcal/m²h, alors que chez les enfants la moyenne de la surface du corps à l'âge scolaire est de 1,2 m², et la chaleur qu'ils évacuent à cet âge dans la position assise est d'environ 90 kcal/h, l'intensité de l'évacuation de la chaleur est d'environ 75 kcal/m²h, c'est-à-dire qu'elle dépasse celle des adultes d'environ 33 %. Les variations de la température de l'air dans les locaux scolaires, provoquant une température trop basse — inférieure à + 16°C, ou trop élevée, dépassant + 18°C — entraînent en outre une fatigue générale plus rapide chez les enfants, ainsi qu'une plus forte réaction nerveuse et affaiblissent la résistance de leur organisme aux différentes maladies.

Examinons maintenant les changements de température dans la classe par suite :

1° de l'ensoleillement et;

2° par suite de vents très forts.

Lorsque le nombre des enfants dans la classe est plus ou moins le même, une élévation de la température intérieure au-dessus de la moyenne peut être provoquée pendant la saison de chauffage par les rayons du soleil pénétrant dans la classe par les fenêtres. Lorsque la classe est exposée au sud, pendant la période de chauffage, c'est-à-dire du 9 octobre au 20 juin de chaque année, lorsque les fenêtres sont doubles, la chaleur maximale donnée par l'ensoleillement, lorsque le soleil est au zénith à midi, varie pour la latitude moyenne de la Pologne qui est de 52°, de la valeur la plus élevée qui est d'environ 420 kcal/m²h pour 1 m² de la surface vitrée net (pour le 20 juin lorsque l'inclinaison du soleil par rapport à l'horizon est de 6127°), jusqu'à la valeur la plus basse (d'environ 340 kcal/m²h pour le 22 décembre lorsque la position du soleil par rapport à l'horizon est de 1433°). La moyenne par heure de l'ensoleillement au cours de sa durée ininterrompue (pendant environ $z = 12$ heures pour le 20 juin et pendant environ 6 heures pour le 22 décembre), en tenant compte de l'ombre portée par le châssis et la croisée de la fenêtre, en comptant l'action exercée sur la surface de la fenêtre dans le cadre du mur, sera définie par environ 150 kcal/m²h pour le 20 avril et d'environ 120 kcal/m²h pour le 22 décembre. Un tel ensoleillement, pour une classe dans un bâtiment scolaire traditionnel où les pertes de chaleur moyennes sont

d'environ 4 000 kcal/h, la surface du plancher d'environ 50 m², la surface des parois délimitantes d'environ $F = 192$ m², la surface des fenêtres par rapport à la hauteur des parois 14 m², peut donner une chaleur supplémentaire pour le 22 d'environ $Q = 1 680$ kcal/h et pour le 20 avril d'environ $Q = 2 100$ kcal/h par classe. Cela constitue 40 ou 50 % des pertes de chaleur maximales et peut donner une élévation de la température intérieure de l'air pour le 20 avril entre 2,5°C et 5,2°C, soit une moyenne de 3,7°C et pour le 22 décembre entre 1°C et 2,7°C, soit une moyenne de 1,8°C. Pour une classe dans un bâtiment scolaire moderne, où les pertes de chaleur sont en moyenne d'environ 7 000 kcal/h, la surface du plancher d'environ 60 m², la surface des parois extérieures d'environ $F = 224$ m², la surface des fenêtres par rapport aux parois exposées au sud d'environ 19 m², l'ensoleillement que nous venons de mentionner peut donner une chaleur supplémentaire pendant la période de l'ensoleillement pour le 22 décembre d'environ $Q = 2 850$ kcal/h. Cela constitue 32 à 40 % des pertes de chaleur maximales et peut contribuer à élever la température intérieure de l'air pour le 20 avril de 4°C à 8,2°C, soit une moyenne de 6,1°C, et pour le 22 décembre, de 1,1°C à 3,2°C, soit une moyenne de 2,1°C.

Comme nous le voyons, pendant la période de l'hiver, selon les calculs établis pour le 22 décembre, l'ensoleillement entraîne une élévation de la température dans les classes d'environ 2°C en moyenne (de 1,8°C à 2,1°C), ce qui est parfaitement admissible. Par contre, au cours des périodes ultérieures, aussi bien dans les locaux des écoles traditionnelles que particulièrement dans ceux des écoles modernes, l'ensoleillement provoque une élévation de la température qui dépasse assez sensiblement les limites admissibles (environ de 3,7°C à 6,1°C). En Pologne, où les bâtiments scolaires et les installations de chauffage central, on applique uniquement le chauffage à eau afin d'éviter une convection excessive, se manifeste lors du chauffage direct par air et aussi, afin d'éviter une température trop élevée des surfaces des éléments de chauffe qui se manifeste lors de l'application du chauffage à vapeur.

Le chauffage central à eau avec des radiateurs en fonte, plus souvent utilisé en Pologne pour chauffer les écoles, a une capacité thermique des éléments de chauffe, c'est-à-dire des radiateurs, d'environ 164 % de leur capacité thermique par heure; 1 m² du radiateur en fonte d'une puissance d'environ 400 kcal/m² h a une capacité thermique : $(\text{fonte } 32,6 \text{ kg} \times 0,19 \times (80^\circ\text{C} - 18^\circ\text{C}) + \text{eau } 6,3 \text{ kg} \times 1) \times (80^\circ\text{C} - 18^\circ\text{C}) = 654 \text{ kcal}$.

Par conséquent, le chauffage central à eau avec des radiateurs en fonte a une grande inertie thermique qui ne permet pas de diminuer rapidement la chaleur émise lorsque les locaux sont surchauffés par suite de l'ensoleillement, même si l'on applique un réglage automatique. Le chauffage à eau par puits et planchers chauffants, installé dans plusieurs écoles en Pologne a une capacité thermique des surfaces de chauffe d'environ 770 % de leur débit thermique par heure; 1 m² de plafond ou du plancher d'un débit d'environ 140 kcal/m² h, alors que la température du plancher et du plafond est de + 26°C et la température à l'intérieur du panneau près des tubes chauffants d'environ + 46°C, c'est-à-dire lorsque la température moyenne du panneau est de + 36°C, a une capacité thermique $300 \text{ kg} \cdot 0,2 \times (36^\circ\text{C} - 18^\circ\text{C}) = 1 080 \text{ kcal}$ le contenu de l'eau $0,19 \times 2 \text{ m} = 0,38 \text{ kg}$ pour 1 m² du panneau.

Le chauffage à eau par panneaux ne permet pas non plus d'obtenir rapidement une diminution de la chaleur lorsque les locaux sont surchauffés par suite de l'ensoleillement. Après avoir fermé les éléments de chauffe du chauffage à eau sous forme de radiateurs en fonte, la chaleur émise ne diminue sensiblement qu'après environ deux heures, alors qu'après avoir fermé les éléments de chauffe sous forme de plafonds et planchers chauffants, la chaleur émise ne diminue sensiblement qu'après environ sept heures. Dans cette situation,

eul moyen de régler le chauffage à eau lorsque les locaux scolaires sont surchauffés par suite de l'ensoleillement consiste à appliquer un réglage approprié de la ventilation.

Il faut souligner ici, que s'il s'agit du chauffage à eau, ce sont les radiateurs en acier qui ont la plus petite capacité thermique t , par conséquent, aussi la plus petite inertie thermique. La capacité thermique des radiateurs en acier est d'environ 25 % de leur débit par heure (1 m^3 d'un radiateur en acier l'un débit d'environ $382 \text{ kcal/m}^2 \text{ h}$ a une capacité thermique $c_{\text{acier}} 10 \times 0,11 + \text{eau } 6,6 \times 1/62^\circ \text{C} = 478 \text{ kcal}$). Dans les bâtiments scolaires traditionnels, pour lesquels le chauffage à eau avec des radiateurs peut être considéré comme suffisant au point de vue du microclimat qu'il donne et aussi, dans certains cas, au point de vue des exigences de l'hygiène auxquelles il répond, l'application de radiateurs en acier semble beaucoup plus indiquée que celle de radiateurs en fonte. Les radiateurs en acier, par suite d'une plus petite dimension de leurs ailettes ont une bien plus petite surface adiant la chaleur (jusqu'à $+ 80^\circ \text{C}$).

Dans les classes la variation des pertes de chaleur entraînant une baisse de la température au-dessous de la moyenne pendant la saison de chauffage, ne peut être provoquée que par un plus grand vent entraînant une infiltration intensive l'air froid par les fenêtres non étanches.

Pour calculer les pertes de chaleur, les normes polonaises prennent compte de coups de vent d'une vitesse d'environ $1,9 \text{ m/s}$, à laquelle correspond une pression dynamique du vent de 1 mm d'eau, alors que la pression réelle sur la paroi d'un bâtiment non abrité est de $0,75 \text{ mm}$ d'eau. Une telle pression du vent donne une infiltration d'air par 1 m de fente de la fenêtre :

1° pour les fenêtres doubles aux châssis jumelés en bois (dites suédoises) de $2,5 \times 0,75 = 1,9 \text{ m}^3/\text{m h}$;

2° pour les fenêtres doubles aux châssis jumelés en métal de $1,5 \times 0,75 = 1,1 \text{ m}^3/\text{m h}$.

Lorsque les températures extérieures sont les plus basses acceptées pour les calculs suivant les zones climatiques de -14°C jusqu'à -24°C on a rarement observé en Pologne une vitesse du vent dépassant $3,9 \text{ m/s}$.

Par contre, lorsque les températures sont plus élevées pendant la période de chauffage ($t_{\text{e}} = -5^\circ \text{C}$ ou plus élevées), on observe parfois une vitesse du vent allant jusqu'à environ 10 m/s qui influe sur la température intérieure des locaux. Lorsque le vent atteint cette vitesse, l'infiltration de l'air par les fentes des fenêtres doubles généralement utilisées en Pologne peut s'élever et atteindre par 1 m de fente de fenêtre :

1) pour les fenêtres doubles aux châssis jumelés en bois, (dites suédoises) jusqu'à environ $12,3 \text{ m}^3/\text{m h}$;

2) pour les fenêtres doubles avec châssis en bois jusqu'à environ $9,8 \text{ m}^3/\text{m h}$;

3) pour les fenêtres doubles aux châssis jumelés en acier, ou autre métal, jusqu'à environ $7,4 \text{ m}^3/\text{m h}$.

Dans les écoles traditionnelles la longueur des fentes de quatre fenêtres doubles aux châssis jumelés en bois est une classe d'environ 52 m , et le volume de la classe est de 160 m^3 . Lorsque le vent atteint la vitesse maximale, la quantité supplémentaire d'air froid s'infiltrant dans la classe (d'une température non inférieure à -5°C) sera de $52 \times 10,4 = 540 \text{ m}^3/\text{h}$.

En considérant qu'une ventilation appropriée d'une telle classe (dans les conditions de $t_{\text{e}} \geq -5^\circ \text{C}$) exige que l'air y soit renouvelé au moins trois fois par heure, l'excès de ventilation provoqué par un vent maximum n'est pas grand et ne peut influencer sensiblement sur la température moyenne de la classe.

Dans les écoles modernes la longueur des fentes de trois fenêtres doubles aux châssis jumelés en acier est également d'environ 52 m , alors que le volume de la classe est d'environ 200 m^3 . Lorsque le vent atteint la vitesse maximale, la quantité d'air froid qui s'infiltré dans la classe (d'une température non inférieure à -5°C) sera de $52 \times 7,4 = 385 \text{ m}^3/\text{h}$.

La ventilation normale d'une telle classe (dans les conditions $t_{\text{e}} \geq -5^\circ \text{C}$) exige que l'air y soit renouvelé au moins 2,5 fois par heure, c'est-à-dire $500 \text{ m}^3/\text{h}$ d'air frais. Par conséquent, dans une telle classe, même lorsque la force du vent est maximale, il n'y a pas d'excès d'air, ni d'excès de perte de chaleur.

Il résulte nettement de ces considérations qu'en utilisant le chauffage central à eau il ne faut pas craindre une baisse de la température dans les locaux scolaires, provoquée par les variations du climat extérieur (vent).

5. Objectif des installations de ventilation.

Les installations de ventilation, très importantes pour l'hygiène des bâtiments scolaires, doivent remplir les tâches suivantes :

1° Éliminer la concentration excessive d'émanations organiques, mesurée en général par la teneur en CO_2 . En Pologne, lorsque le volume du local est de 4 à 5 m^3 par élève et que la durée des leçons est de 45 minutes, la teneur limite en CO_2 est de $0,12 \%$. Une concentration excessive des émanations organiques provoque chez les enfants une respiration peu profonde, entraîne un métabolisme affaibli et une fatigue plus rapide et exerce une influence néfaste sur le système nerveux.

2° Éliminer une concentration excessive des microbes dans l'air : à cette fin, il est nécessaire, conformément aux résultats des recherches effectuées, de renouveler l'air par quantité dépassant $8 \text{ m}^3/\text{h}$ par élève; un tel renouvellement de l'air diminue de moitié la concentration des microbes.

3° Éliminer une concentration excessive des ions lourds positifs qui ont une influence défavorable sur le cours des processus vitaux et dont la concentration s'accroît rapidement dans les locaux occupés par des hommes; les recherches insuffisantes effectuées dans ce domaine ne permettent pas de définir les normes exactes de la ventilation nécessaire pour obtenir un effet approprié, mais en tous cas, il est possible en se basant sur les recherches effectuées jusqu'à présent, d'établir qu'un changement d'air d'une quantité dépassant $8 \text{ m}^3/\text{h}$ par élève donne des résultats positifs à la condition que l'air frais ne soit pas en contact avec des surfaces de métal chaudes.

4° Éliminer l'excès de chaleur provenant aussi bien du métabolisme des enfants, que de l'ensoleillement temporaire, afin que la température intérieure des classes ne subisse pas de variations dépassant 2°C .

5° Éliminer l'excès de la vapeur d'eau produite par les enfants, afin que l'humidité relative des locaux scolaires varie entre 32% les jours de grand froid (de l'ordre de $t_{\text{e}} = -14^\circ \text{C}$ jusqu'à -24°C) jusqu'à 80% maximum lorsque la température est la plus élevée pendant la période de chauffage (de l'ordre de $t_{\text{e}} = +10^\circ \text{C}$); une humidité relative plus grande exerce une influence défavorable sur le système nerveux des enfants, provoque un accroissement défavorable des ions lourds positifs dans l'air, contribue au développement du rhumatisme et à une plus grande diffusion des microbes de maladies, et met obstacle au réglage de la chaleur évacuée par les organismes des enfants.

6° Augmenter la quantité de chaleur fournie par le chauffage pour réchauffer l'air de ventilation, utilisant à cette fin avant tout la chaleur évacuée par les enfants.

7° Organiser les changements d'air de façon que le renouvellement de l'air s'effectue d'une manière aussi uniforme que

possible dans toute la classe et afin que l'air frais parvienne aux enfants réchauffé à une température appropriée ($+16^{\circ}\text{C}$ jusqu'à $+18^{\circ}\text{C}$) et que le passage de l'air dans la partie de la classe occupée par les enfants ne provoque pas de courants d'air nuisibles et ne dépasse pas une vitesse de l'air de plus de $0,2\text{ m/s}$ et aussi que l'élimination de l'air vicié s'effectue au-dessus de l'espace occupé par les enfants.

8° Organiser la ventilation d'une manière aussi simple et aussi économique que possible (ventilation naturelle) avec un réglage indispensable du renouvellement de l'air. Selon les normes polonaises, la surface par élève dans une classe de l'école primaire ou secondaire est fixée à $1,25\text{ m}^2$ — $1,5\text{ m}^2$, ce qui, en tenant compte de la hauteur de la classe de $3,2\text{ m}$ donne un volume par élève de 4 à $4,8\text{ m}^3$. La durée des leçons est toujours de 45 minutes. En rapport avec ceci, la cubature de l'air de la classe par élève au cours d'une heure est définie dans les limites de $5,33$ à $6,4\text{ m}^3$. Dans les écoles maternelles, la surface par enfant dans les locaux est, selon les normes polonaises, de 2 m^2 , ce qui, en tenant compte de la hauteur de ces locaux de $2,8\text{ m}$, calculée du plancher au plafond, donne un volume des locaux par enfant de $5,6\text{ m}^3$.

Selon les recherches effectuées jusqu'à présent, les enfants évacuent par heure, lorsque la température ambiante est de $t_p = +16^{\circ}\text{C}$, les quantités suivantes de chaleur absolue (q_a) de vapeur d'eau (x), de chaleur latente dans la vapeur d'eau (q_x), de chaleur résultante ($q_c = q_a - q_x$) et de CO_2 (w), notamment :

1° enfants fréquentant les écoles maternelles de l'âge de trois à six ans ;

en moyenne :

$$q_c = 65\text{ kcal/h}; x = 21\text{ g/h}; q_x = 13\text{ kcal/h}; w = 6\text{ l/h};$$

2° enfants fréquentant les écoles primaires, de l'âge de sept à treize ans,

en moyenne :

$$q_c = 80\text{ kcal/h}; x = 25\text{ g/h}; q_x = 15\text{ kcal/h};$$

$$q_c = 80 - 15 = 65\text{ kcal/h}; w = 10\text{ l/h};$$

3° élèves fréquentant les écoles secondaires, de l'âge de quatorze à dix-sept ans ;

en moyenne :

$$q_c = 100\text{ kcal/h}; x = 32\text{ g/h}; q_x = 19\text{ kcal/h};$$

$$q_c = 100 - 19 = 81\text{ kcal/h}; w = 16\text{ l/h};$$

en moyenne, les enfants âgés de sept à dix-sept ans évacuent à l'école dans une température ambiante de $t_p = +18^{\circ}\text{C}$:

$$q_c = 90\text{ kcal/h}; x = 28\text{ g/h}; q_x = 17\text{ kcal/h};$$

$$q_c = 90 - 17 = 73\text{ kcal/h}; q_c = 88\text{ kcal/h}; x = 33\text{ g/h};$$

$$q_x = 20\text{ kcal/h}; q_c = 88 - 20 = 28\text{ kcal/h};$$

ainsi que pour les deux températures de l'air

$$w = 13\text{ l/h} = 0,013\text{ m}^3/\text{h}.$$

Pour réaliser la première condition, c'est-à-dire pour éliminer la concentration excessive des émanations organiques mesurée en général par la concentration de CO_2 dans l'air, il est nécessaire d'assurer à la classe par élève et par heure, alors que chaque leçon dure 45 minutes de l'air de ventilation d'un volume de :

$$v_p = 0,75 \times 0,013\text{ m}^3/\text{h} : (0,0012 - 0,0004) = 0,75 \times 130 : 8 = 12\text{ m}^3/\text{h}.$$

Une école traditionnelle, où le volume de la classe par élève est d'environ 4 m^3 , exige un renouvellement de l'air de $n = 12 : 4$, c'est-à-dire que l'air doit y être renouvelé trois fois ; une école moderne, où le volume de la classe par élève est d'environ $4,8\text{ m}^3$, exige un renouvellement de l'air de $12 : 4,8$, c'est-à-dire que l'air doit y être renouvelé 2,5 fois.

La deuxième et la troisième conditions : éliminer l'excès de microbes et l'excès d'ions lourds, exigent un renouvellement de l'air moins grand (plus de $8\text{ m}^3/\text{h}$ par élève).

Remplir la quatrième condition qui consiste à éliminer l'excès de chaleur et remplir également la cinquième condition qui s'y rattache et exige de maintenir une humidité relative de l'air dans des limites appropriées de 32 à 60% et, enfin, remplir aussi la sixième condition consistant à ne pas provoquer un plus grand besoin de chaleur des installations de chauffage pour réchauffer l'air de ventilation, tout cela impose des renouvellements d'air différents, pour différentes températures extérieures.

En se basant sur les calculs détaillés⁽¹⁾, on peut définir les principes suivants de l'organisation du renouvellement de l'air dans les locaux scolaires, afin d'obtenir grâce à cette ventilation des conditions hygiéniques satisfaisantes sans charge supplémentaire pour les installations de chauffage, et sans que celles-ci soient obligées de réchauffer l'air frais introduit dans les classes :

a) Pour les classes des écoles traditionnelles, il est nécessaire d'installer une ventilation naturelle assurant un renouvellement de l'air qui sera effectué deux fois par heure lorsque les températures extérieures seront les plus basses (pour $t_e = -14^{\circ}\text{C}$ à -20°C selon les zones climatiques) et jusqu'à 5,2 fois par heure lorsque les températures extérieures qui se manifestent pendant la période de chauffage seront les plus élevées (pour $t_e = +10^{\circ}\text{C}$) ; l'installation de chauffage doit en outre tenir compte des pertes de chaleur avec un surplus d'environ 10% pour réchauffer l'air de ventilation, avec surplus de 400 kcal/h par classe lorsque les températures extérieures sont les plus basses.

Étant donné que des fenêtres courantes, dans de telles classes s'infilte une quantité d'air d'environ la moitié du renouvellement d'air, l'introduction de l'air doit être organisée de manière à ce que le renouvellement de l'air s'effectue de $1,5$ à $4,7\text{ vol/h}$ et le rejet de l'air pour le renouvellement complet de 2 à $5,2\text{ vol/h}$.

b) Pour les classes des écoles modernes, il est nécessaire d'installer une ventilation naturelle assurant un renouvellement de l'air de $1,7\text{ vol/h}$ lorsque les températures extérieures seront les plus basses et jusqu'à $4,3$ lorsque les températures qui se manifestent pendant la période de chauffage seront les plus élevées, sans entraîner pour cela un supplément de chauffage.

Comme par les fenêtres courantes de ces classes s'infilte une quantité d'air d'environ la moitié du vol/h, l'introduction de l'air doit être organisée de manière à ce que le renouvellement de l'air soit de $1,2$ à $3,8\text{ vol/h}$ alors que le rejet de l'air pour son renouvellement complet est de $1,7$ à $4,3\text{ vol/h}$.

Une telle organisation du renouvellement de l'air dans les limites d'environ 8 à $20,8\text{ m}^3/\text{h}$ par élève assure, lorsque les températures extérieures sont supérieures à $t_e = -5^{\circ}\text{C}$ c'est-à-dire pendant environ $196 - 33 = 163$ jours de la saison de chauffage, donc pendant $100,163 : 196 = 83\%$ du temps de la durée de cette saison, la réalisation de toutes les conditions posées à la ventilation, donc : elle ne permet pas une concentration des émanations, des microbes et des ions lourds positifs dans l'air de la classe, elle élimine l'excédent de

(1) Ces calculs figurent dans les publications préliminaires (N.d.l.R.).

humidité et aussi l'excédent de chaleur aussi bien évacuée que les élèves que provenant de l'ensoleillement.

Lorsque les températures extérieures sont inférieures à -5°C , températures qui ne durent que pendant 33 jours de la saison de chauffage, c'est-à-dire pendant 17 % de la durée de cette saison, une telle organisation du renouvellement de l'air remplit toutes les conditions que nous avons citées, outre la condition exigeant d'éliminer complètement la concentration excessive des émanations organiques; la ventilation, lorsque les températures sont les plus basses, est de $8\text{ m}^3/\text{h}$ par élève au lieu des $12\text{ m}^3/\text{h}$ par élève qui sont nécessaires pour éliminer complètement la concentration des émanations organiques. Ce fait est justifié par la nécessité économique de ne pas augmenter excessivement le chauffage des classes.

Il faut souligner ici qu'en organisant cette ventilation d'une manière appropriée, il est tout à fait possible d'obtenir un renouvellement de l'air par ventilation naturelle d'environ cinq fois par heure.

Pour permettre une comparaison, nous pouvons citer ici les normes de renouvellement d'air dans les écoles, en vigueur dans différents pays :

1° en Angleterre, selon les prescriptions scolaires, l'air doit être renouvelé deux fois par heure et, selon les normes du Ministère de l'Instruction Publique — six fois par heure;

2° en Allemagne — selon les normes de la ventilation D. I. — de trois à six fois par heure;

3° aux États-Unis de l'Amérique du Nord — selon les normes S. H. A. E. de trois fois et demie par heure lorsque le volume de la classe est de $8,4\text{ m}^3$ par élève, et de six fois par heure, lorsque le volume de la classe est de $5,6\text{ m}^3$ par élève.

Systèmes de chauffage appliqués dans les bâtiments scolaires en Pologne, la comparaison de leurs qualités et les détails de construction de ces systèmes.

Dans les écoles primaires, secondaires et maternelles polonaises on utilise avant tout les chauffages à eau chaude avec des radiateurs en fonte, parfois les chauffages à l'eau avec des radiateurs en tôle ou les chauffages à eau chaude par plafond. En outre dans les bâtiments d'habitation et dans les bâtiments scolaires on utilise en Pologne à titre d'expérience différents systèmes de chauffage, qu'on peut appliquer aussi aux bâtiments scolaires à savoir :

1° le chauffage à eau surchauffée de températures maximales $+150^{\circ}\text{C}$ à $+70^{\circ}\text{C}$ avec des panneaux chauffants en béton, placés contre le mur intérieur (fig. 5 un exemple d'application de ce système de chauffage, inventé par le Dr. W. Kamler, pour une classe selon le projet fait dans l'Institut des Installations aux Bâtiments Faculté d'Architecture Polytechnique de Varsovie — I. I. B. F. A. E. P. V. — sous la direction du Prof. J. Kozierski);

2° le chauffage à eau chaude de températures $+95^{\circ}\text{C}/65^{\circ}\text{C}$ avec convecteurs (fig. 6);

3° le chauffage à eau chaude $+95^{\circ}\text{C}/65^{\circ}\text{C}$ avec des panneaux verticaux longs en béton, placés contre le mur extérieur (fig. 7);

4° le chauffage à eau chaude $+95^{\circ}\text{C}/65^{\circ}\text{C}$ avec des plaques chauffantes en béton placées sous les fenêtres (fig. 8);

5° le chauffage à eau chaude $+95^{\circ}\text{C}/65^{\circ}\text{C}$ avec des cadres chauffants en béton placés autour des fenêtres (fig. 9);

6° le chauffage à eau chaude $+60^{\circ}\text{C}/30^{\circ}\text{C}$ par panneaux de plancher (fig. 10).

Ces systèmes expérimentaux de chauffage, de même que les systèmes de chauffage déjà appliqués en Pologne pour les bâtiments scolaires à savoir : le système à eau chaude avec des radiateurs en fonte, le système à eau chaude avec des radiateurs en tôle et le système à eau chaude avec panneau de plafond peuvent se diviser en quatre groupes d'après la qualité du microclimat créé dans les classes et les qualités hygiéniques.

Groupe 1 : Les chauffages créant le microclimat le moins avantageux.

De ce groupe font partie les chauffages suivants :

1° le chauffage avec des poêles en faïence, qui diffusent la chaleur à raison de 40 % par convection et 60 % par rayonnement mais avec trop haute température de surface, atteignant jusqu'à $+70^{\circ}\text{C}$, ce qui ne donne pas de bonnes conditions hygiéniques;

2° le chauffage à eau surchauffée avec des plaques en béton (fig. 5) qui diffusent la chaleur à 35 % par convection et 65 % par rayonnement mais aussi avec une trop haute température de surface, atteignant $+70^{\circ}\text{C}$ à $+100^{\circ}\text{C}$ à la partie intérieure des plaques, conditions hygiéniques qui ne sont pas non plus satisfaisantes.

Groupe 2 : Les chauffages créant un microclimat des pièces chauffées un peu meilleur mais insuffisant.

De ce groupe fait partie le chauffage à eau chaude avec des convecteurs (fig. 6) qui diffusent la chaleur en 100 % par convection, avec une température de surface atteignant $+80^{\circ}\text{C}$, d'où des conditions hygiéniques peu satisfaisantes.

Groupe 3 : Les chauffages créant un microclimat de pièces chauffées à la limite inférieure des exigences.

De ce groupe font partie les chauffages suivants :

1° le chauffage à eau chaude avec des radiateurs en fonte ou en tôle placés sous les fenêtres, qui diffusent la chaleur à 85 % par convection et seulement 15 % par rayonnement, avec une température de surface atteignant $+80^{\circ}\text{C}$, dans des conditions peu satisfaisantes;

2° le chauffage à eau chaude avec des panneaux verticaux longs en béton, placés contre le mur extérieur (fig. 7) qui diffusent la chaleur à raison de 60 % par convection et de 40 % par rayonnement, avec une température de surface d'environ 65°C , donnant des conditions hygiéniques peu satisfaisantes, et rendant difficile l'accès au passage vertical entre la plaque et le mur, pour nettoyer la poussière.

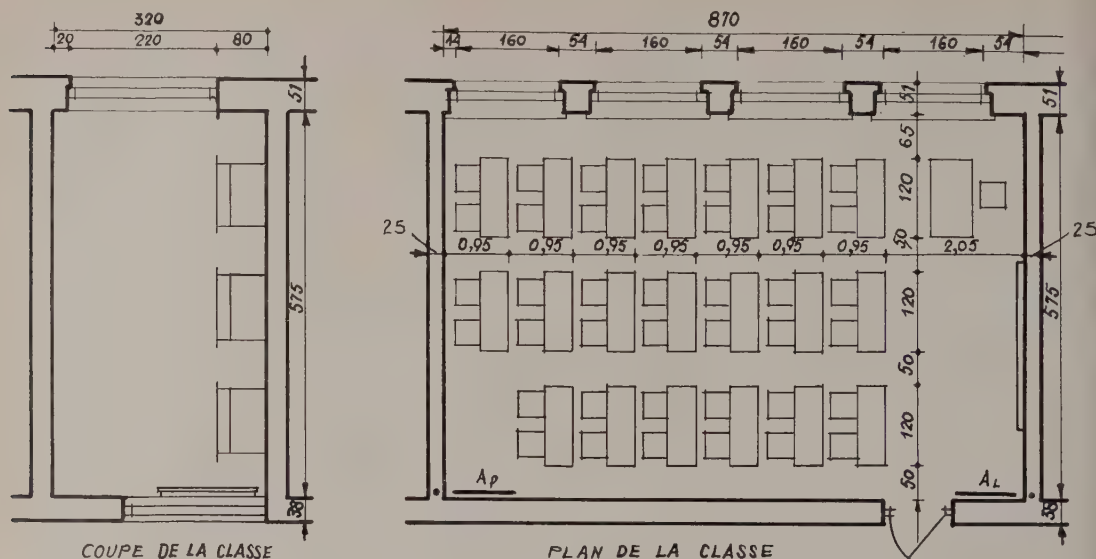
Groupe 4 : Les chauffages créant un bon microclimat.

De ce groupe font partie les chauffages suivants :

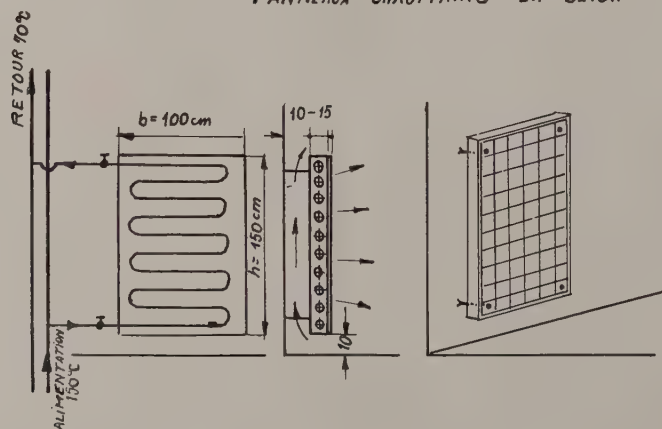
1° le chauffage à eau chaude avec des panneaux chauffants en béton, placés sous les fenêtres (fig. 8) qui diffusent la chaleur à raison de 64 % par convection et de 36 % par rayonnement, avec une température de surface d'environ 65°C , pas trop élevée, créant des conditions hygiéniques convenables;

2° le chauffage à eau chaude avec cadres chauffants en béton, placés autour des fenêtres (fig. 9) diffusant la chaleur à raison de 50 % par rayonnement, avec une température de surface d'environ 65°C , pas trop élevée, créant des conditions hygiéniques convenables;

3° le chauffage à eau chaude par le sol avec une température maximale du plafond de $+35^{\circ}\text{C}$ et une température du plancher dans la partie chauffante de $+19^{\circ}\text{C}$ à $+21^{\circ}\text{C}$, diffusant la chaleur du plafond et du plancher à raison de 30 % par convection et de 70 % par rayonnement. La basse température



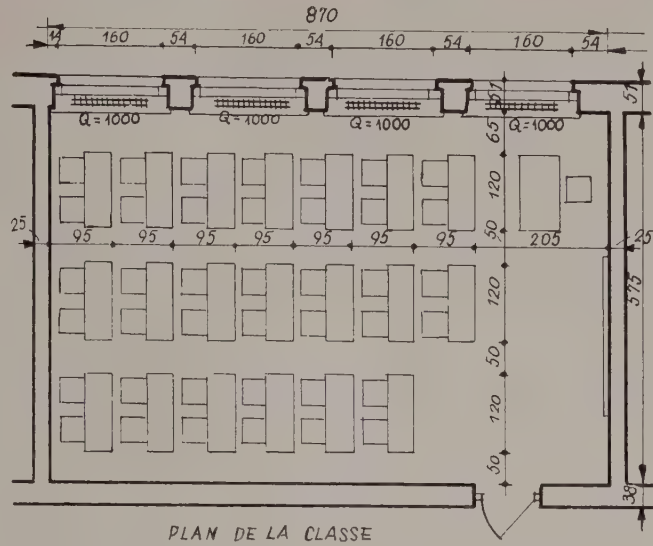
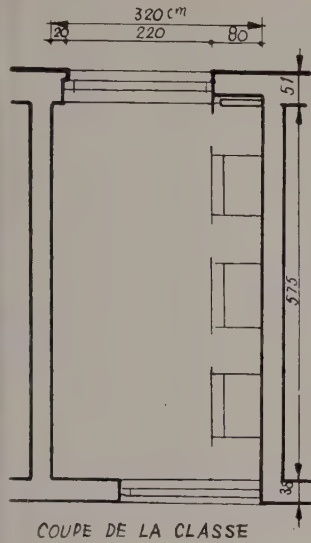
PANNEAUX CHAUFFANTS EN BETON



Dimensions et puissance d'un panneau chauffant en béton (pour températures d'eau suivantes : moyenne 110° C, alimentation + 150° C, retour + 70° C).

Dimensions			Distance entre les tubes de 15	Températures			A _{0%}	Puissance pour 1 m ²	
Hauteur m	Longueur m	Surface m ²		Moyenne de surface	De la classe	Différence		D'un côté kcal/h	De deux côtés
1,5	1,0	1,5	0,1 m	+ 19° C	+ 18° C	61° C	12,1	740	1 480

Fig. 8. — Chauffage à eau surchauffée 150/70°C avec des panneaux chauffants en béton inventé par le Prof. A. W. Kamler adopté pour une classe dans un bâtiment traditionnel selon le projet de I.I.B.F.A.E.P.V. dirigé par le Prof. J. Kozierski.



VUE DU CONVECTEUR

COUPE DU CONVECTEUR

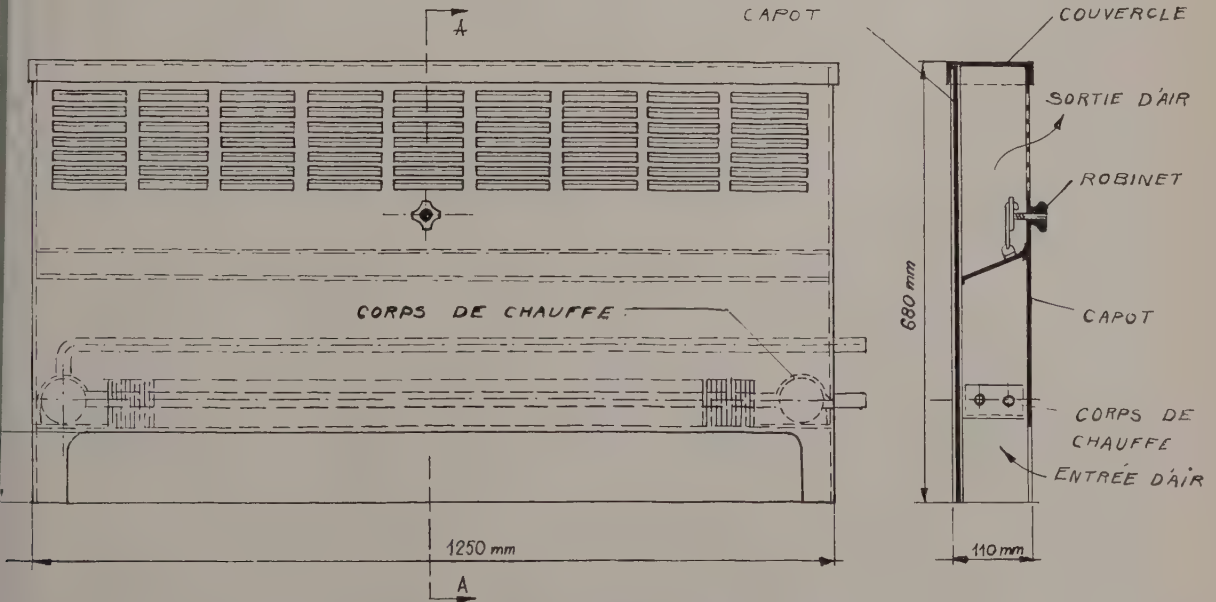
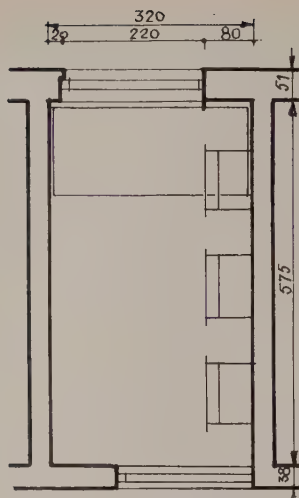
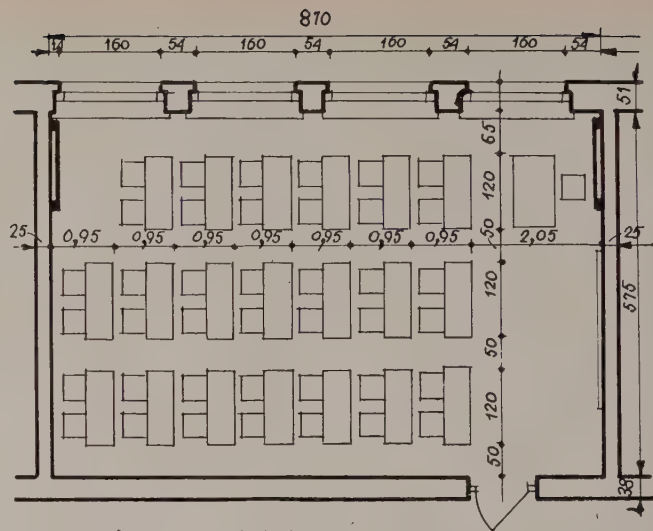


Fig. 6. — Chauffage à eau chaude à l'aide des convecteurs pour une classe dans un bâtiment traditionnel — selon le projet de I.I.B.F.A.E.P.V.



COUPE DE LA CLASSE



PLAN DE LA CLASSE

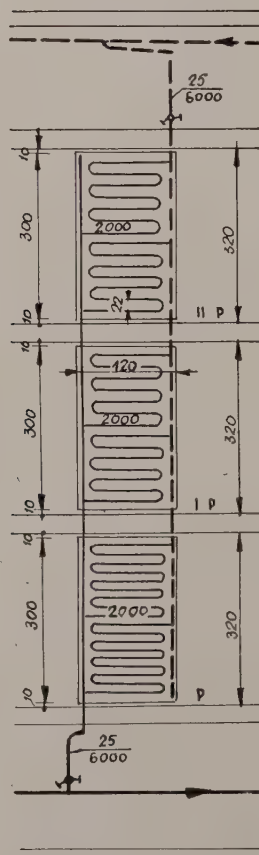


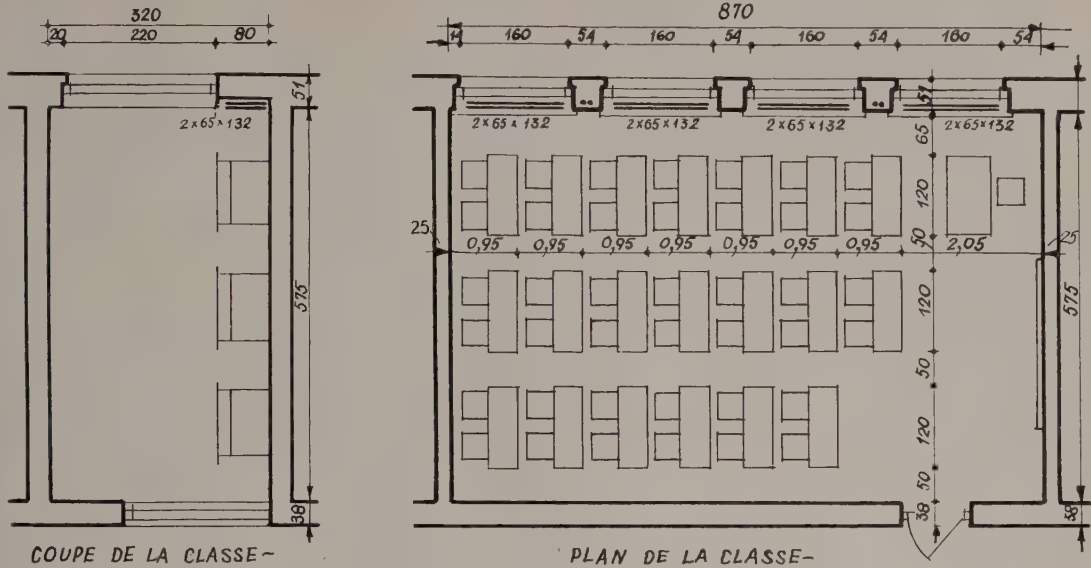
Fig. 7. — Chauffage à eau chaude par panneaux verticaux longs en béton placés près d'un mur extérieur inventé par T. Borkowski, adopté pour une classe dans un bâtiment traditionnel — selon le projet de I.L.B.F.A.E.P.V.

$$Q = F \cdot (a_{pk} + a_{k,1}) \cdot \Delta t =$$

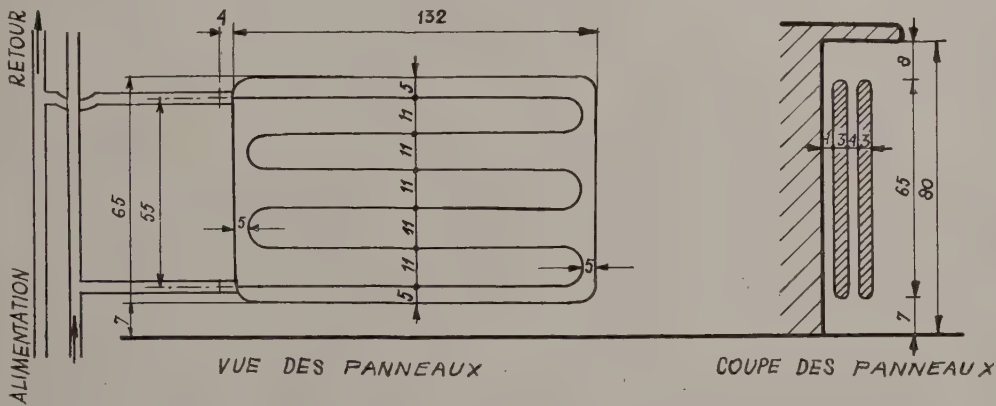
$$= 3,6 \cdot (9 + 5,5) \cdot (58 - 18) =$$

$$\approx 2000 \text{ kcal/h.}$$

VUE DE FACE
DES PANNEAUX



PANNEAUX CHAUFFANTS EN BÉTON



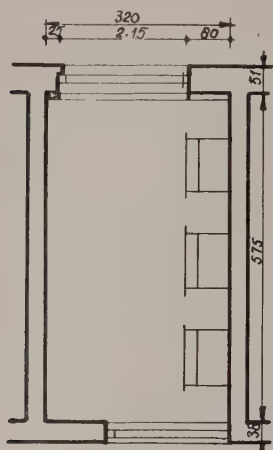
$$a_k = 1,53 \sqrt[4]{\Delta t} = 4,$$

$$a_{k1} = 2,2 \sqrt[4]{\Delta t} = 5,7.$$

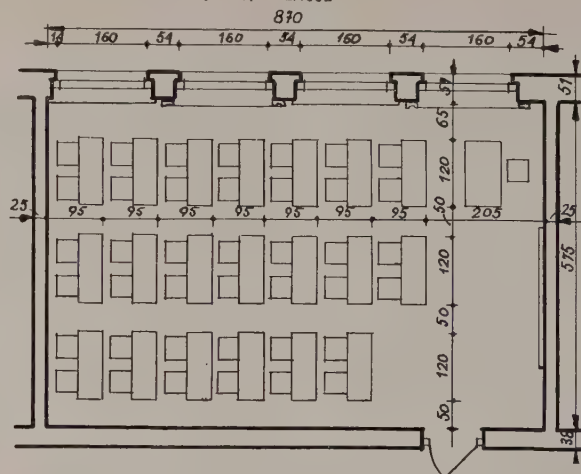
Dimensions				Différence des températures 62-18-44	Surface extérieure			Surface intérieure			Puissances des plaques
Hauteur	Longueur	Surface extérieure	Surface intérieure		p_k	Puissance pour m²	Puissance totale	p_k	Puissance pour m²	Puissance totale	
0,65	1,32	0,86	2,56		9,5	418	360	5,7	251	640	
										1 000	

Fig. 8. — Chauffage à eau chaude à l'aide de panneaux en béton — brevet technique adopté pour une classe dans un bâtiment traditionnel — selon le projet de I.I.B.F.A.E.P.V.

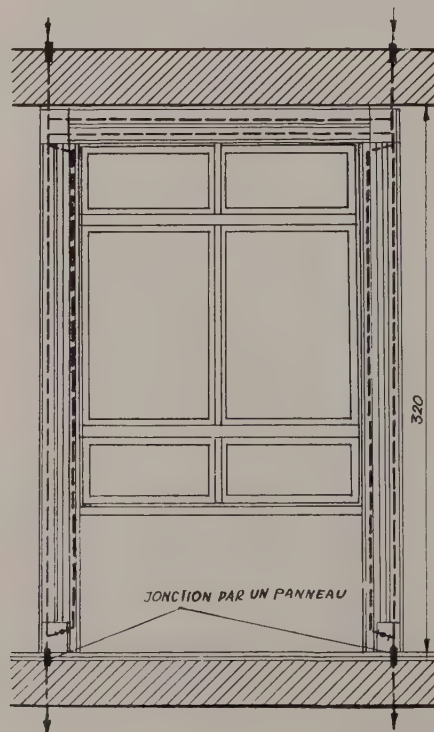
COUPE DE LA CLASSE



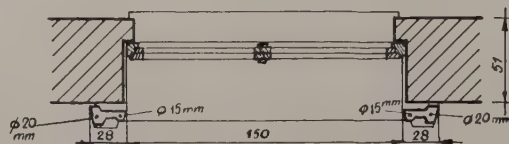
PLAN DE LA CLASSE



VUE



PLAN



COUPE

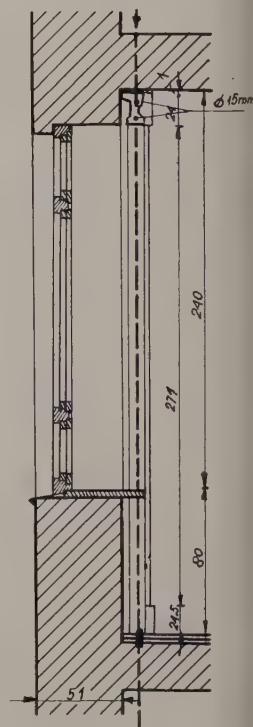


Fig. 9. — Chauffage à eau chaude avec des cadres chauffants en béton placés autour des fenêtres adopté pour une classe dans un bâtiment traditionnel — selon projet de I.L.B.F.A.E.P.V.

Pour une température de l'eau $t_w = 95^\circ\text{C}/65^\circ\text{C}$, $t_{\text{moyenne}} = 80^\circ\text{C}$ — la température des cadres chauffants $t_f = 65^\circ\text{C}$.

Puissance avec tubes de 20 mm dans les parties verticales pour $1,92\text{ m}^2 \times 500 = 960\text{ kcal/h}$.

Puissance par tube de 18 mm dans les parties verticales pour $1,63\text{ m}^2 \times 500 = 810\text{ kcal/h}$.

Puissance par tubes de 16 mm dans la partie horizontale $0,48\text{ m}^2 \times 500 = 240\text{ kcal/h}$.

Puissance maximale d'ensemble $2\,010\text{ kcal/h}$

Puissance minimale 960 kcal/h

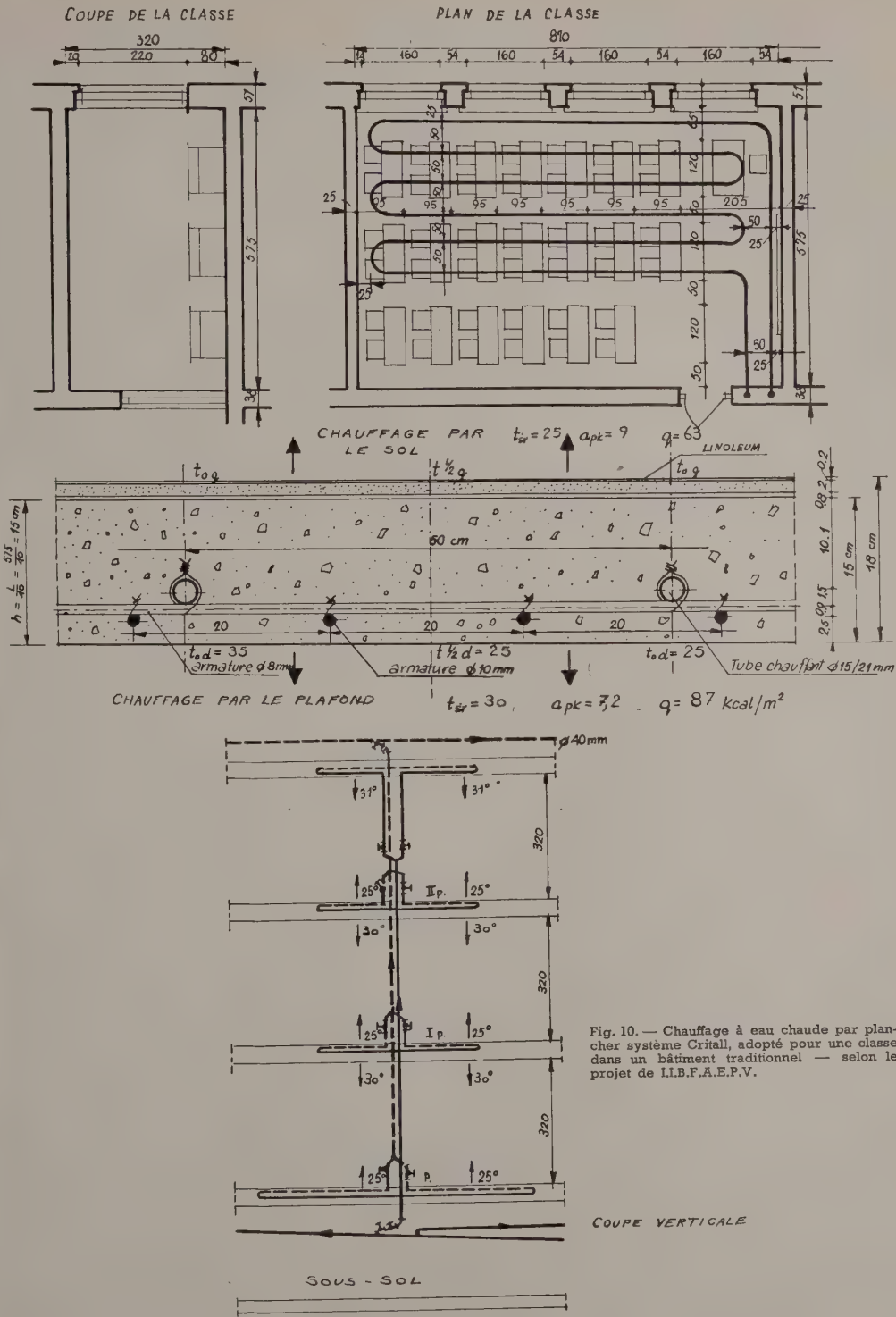
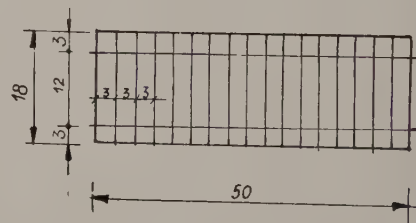
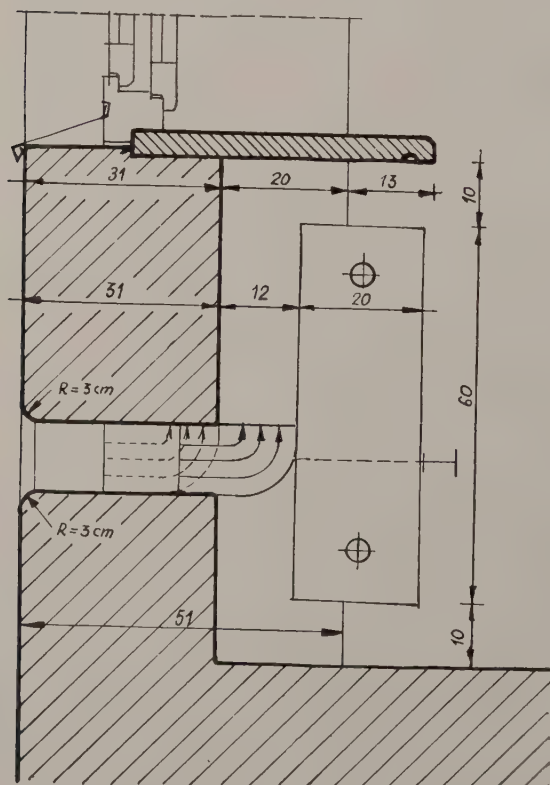
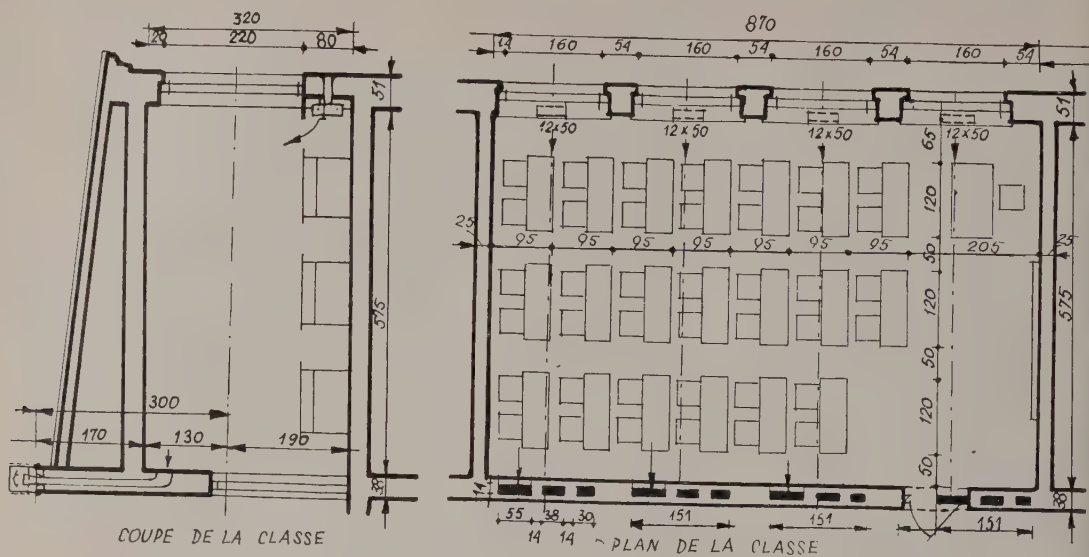


Fig. 10. — Chauffage à eau chaude par plancher système Critall, adopté pour une classe dans un bâtiment traditionnel — selon le projet de I.I.B.F.A.E.P.V.

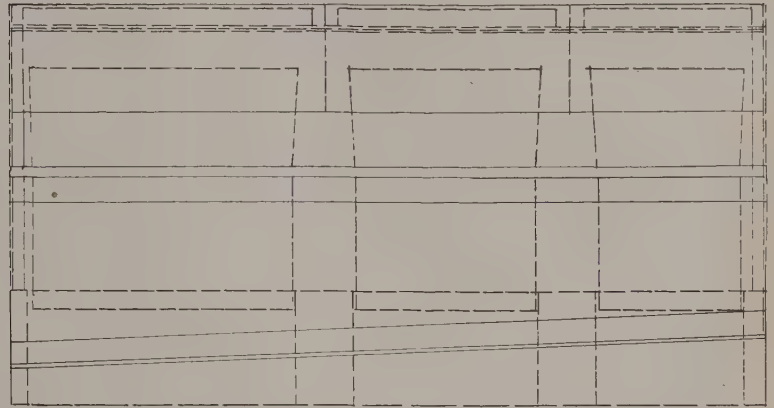
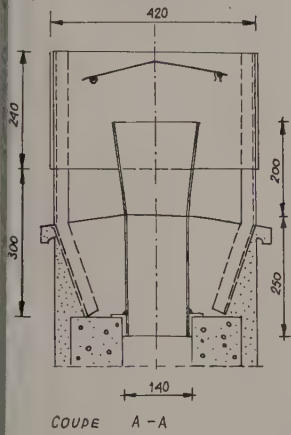


COUPE VERTICALE DE LA PARTIE
DU MUR SOUS LA FENÊTRE

Fig. 11. — Plan et coupes de la classe avec une ventilation naturelle pour une classe chauffée avec des éléments placés sous les fenêtres.



VUE D'ENSEMBLE



VUE DE COTÉ

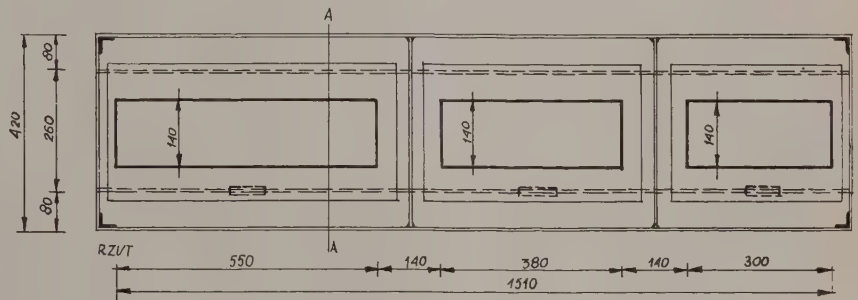
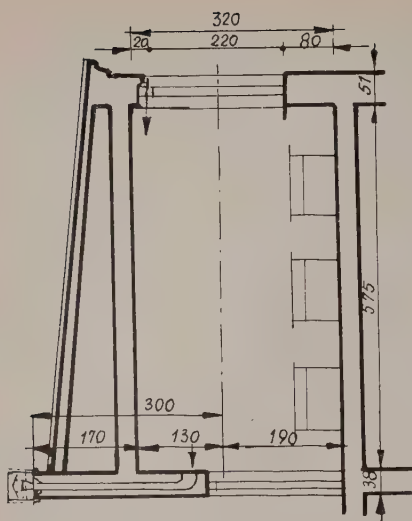
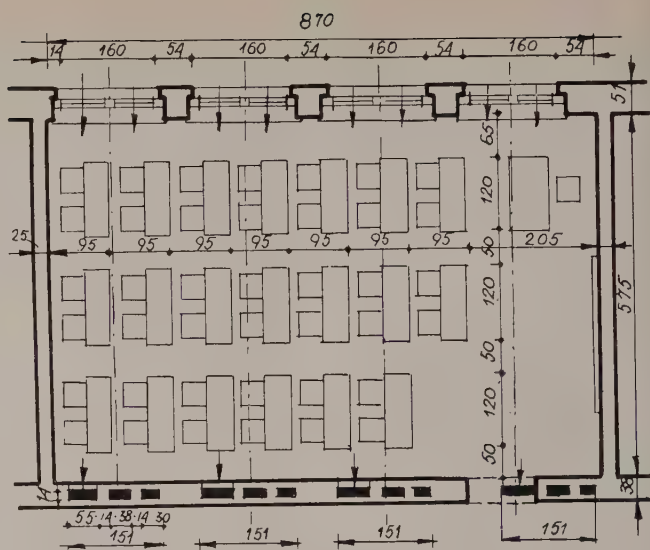


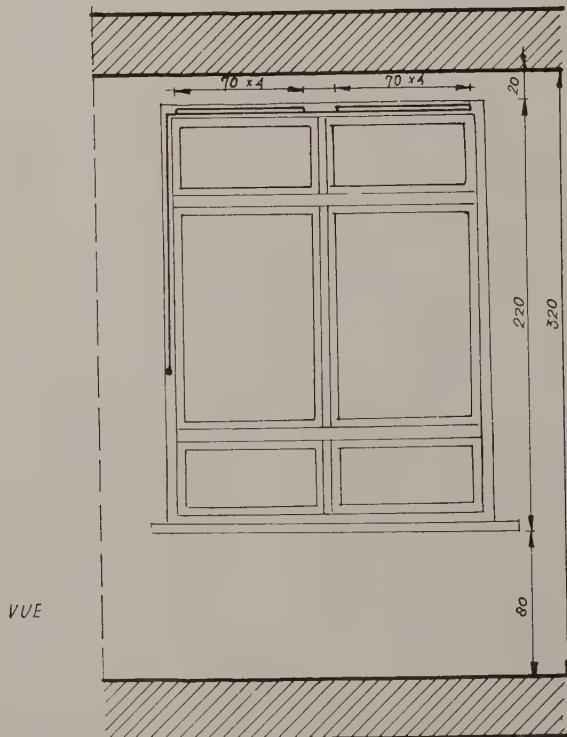
Fig. 12. — Vue, coupe et plan d'un déflecteur.



COUPE DE LA CLASSE

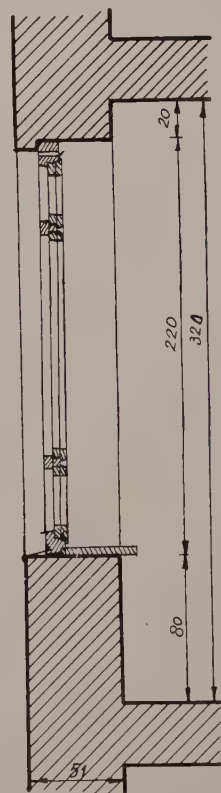
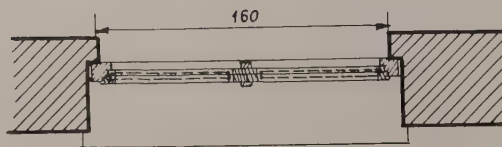


PLAN DE LA CLASSE



VUE

PLAN



COUPE

Fig. 13. — Plans et coupes d'une classe chauffée avec des éléments placés hors d'allège.

es surfaces chauffantes crée de très bonnes conditions hygiéniques. Ce sont les plus avantageuses ;

4° le chauffage à l'eau par plancher — plafond (fig. 10) avec une température maximale du sol de l'ordre de $+ 26^{\circ}\text{C}$ et avec une température maximale du plafond de l'ordre de $+ 25^{\circ}\text{C}$ — diffusant la chaleur du plancher à raison de 40 % par convection et de 60 % par rayonnement, du plafond à raison de 28 % par convection et de 74 % par rayonnement. Le chauffage du point de vue hygiénique a les mêmes qualités que le chauffage par le sol.

On peut toutefois citer un autre système qui peut être considéré comme une évolution intéressante dans l'avenir. Un bâtiment scolaire moderne se caractérise en effet par une grande surface de fenêtres dans les classes et, étant construit en principe en deux étages et sans sous-sol sous les classes, par une surface froide : le sol au rez-de-chaussée, ou le plafond du premier étage. Dans ce type de classes l'organisation d'un microclimat convenable avec les systèmes de chauffage traditionnel et même avec le chauffage par plafond est très difficile. Selon les expériences polonaises un microclimat convenable dans les classes d'un bâtiment scolaire moderne peut s'obtenir avec le chauffage par plancher (avec une température du plancher inférieure à $t_p = + 26^{\circ}\text{C}$) et avec un chauffage supplémentaire mural, sous forme de plaques chauffantes en béton placées sous les fenêtres qui compensent le rayonnement froid des grandes surfaces des fenêtres.

7. Systèmes de ventilation appliqués dans les bâtiments scolaires en Pologne.

La ventilation des classes dans les bâtiments scolaires en Pologne est toujours naturelle. Suivant le système de chauffage, deux systèmes de ventilation sont utilisés :

1° Quand le chauffage est réalisé avec des éléments chauffants placés sous les fenêtres, avec des radiateurs en fonte ou en tôle ou avec des plaques en béton, on organise l'introduction de l'air frais par des ouvertures sous les fenêtres dans les murs extérieurs dirigeant l'air vers le haut, le long des éléments chauffants (fig. 11) ; on organise l'extraction de l'air usé par des conduits verticaux placés dans les murs intérieurs opposés, passant à travers le toit et munis à l'ouverture de sortie d'un déflecteur (fig. 12).

2° Quand le chauffage est réalisé avec des éléments chauffants placés hors d'allège — chauffage par panneaux, chauffage avec des cadres en béton etc. — on organise l'introduction de l'air frais par des ouvertures prévues dans les châssis supérieurs des fenêtres, avec un volet de réglage ; l'extraction de l'air usé est faite comme dans le système précédent (fig. 13).

La ventilation des classes par ces deux systèmes réalise les conditions fondamentales suivantes :

1° L'introduction d'air frais — selon le premier système — le long des éléments chauffants, ou selon le second système, par une ouverture oblongue, placée en haut avec un volet ouvert vers le haut, donne un rapide mélange de l'air frais et de l'air intérieur et assure l'introduction de l'air extérieur dans la classe avec des températures convenables.

2° Par l'aspiration de l'air usé du côté opposé, dans la partie supérieure de la classe, on assure l'évacuation de l'air vicié au-dessus des têtes des élèves.

3° Les ouvertures d'introduction et d'aspiration de l'air assurent un renouvellement de l'air uniforme dans toute la classe (1).

(1) On trouvera dans le texte préimprimé des détails complémentaires en particulier sur le calcul de la ventilation (N.d.l.R.).

DISCUSSION

M. LE PRÉSIDENT MISSENAUD. — Je vais demander au conférencier, comme d'habitude, de me préciser et de me confirmer la température désirable dans les classes.

M. KOZIERSKI. — 16 à 18° .

M. LE PRÉSIDENT MISSENAUD. — Mesurée à quelle hauteur ?

M. KOZIERSKI. — 1 m ...

M. LE PRÉSIDENT MISSENAUD. — Et le débit horaire par enfant ?

M. KOZIERSKI. — Disons qu'il est désirable d'avoir 30 m^3 par enfant. Pour les températures extérieures les plus basses nous réduisons à 10 m^3 . Pour les températures moins basses nous nous limitons à 18 m^3 .

M. LE PRÉSIDENT MISSENAUD. — Je félicite particulièrement M. Koziarski d'avoir insisté sur l'aspect humain du problème, sur lequel d'ailleurs je reviendrai dans mes conclusions, mais M. Koziarski a été assez formel. Peut-être serai-je beaucoup plus nuancé en ce qui concerne l'interdit jeté sur le chauffage par convection.

Je ne m'arrêterai pas à la question des ions lourds positifs parce que c'est une des questions les plus ténébreuses. Nous avons déjà tellement d'éléments à prendre en considération qu'il ne faut étudier que ceux qui sont sûrs. Ne parlons pas des ions lourds, car les recherches que je connais sont insuffisamment probantes sur ce sujet.

Ce qui est très intéressant et caractéristique de la technique de l'Europe de l'Est, ce sont les radiateurs en béton. Si j'ai bien compris ils sont alimentés par l'eau surchauffée. Ne constatez-vous pas avec de l'eau surchauffée des fissures importantes ?

Il faudrait d'ailleurs s'entendre. J'ai constaté que dans les pays de l'Est, ce que l'on appelle « fissure » n'a pas la même signification qu'à l'Ouest. Nous prenons en considération une fissure quand elle est visible, c'est-à-dire lorsqu'elle atteint environ un quart de millimètre. Constatez-vous des fissures de cette nature ?

M. KOZIERSKI. — Pas du tout. Nos radiateurs en béton ont 40 mm d'épaisseur, $1,50\text{ m}$ de hauteur et 1 m de largeur environ procurant $1\ 000$ kilocalories par heure, et ils se placent près du mur extérieur.

M. LE PRÉSIDENT MISSENARD. — C'est extrêmement intéressant, et je vous demanderai de nous indiquer la composition exacte du béton constituant ces surfaces de chauffe, et, le cas échéant, les précautions de fabrication.

Je voudrais indiquer aux assistants qui n'ont peut-être pas eu l'occasion d'étudier ces questions, que l'intérêt d'enrober du tube dans le béton (que le tube soit placé dans un panneau de sol, ou de plafond, ou constitue une surface de chauffe, comme le réalise notre collègue de l'Est) est d'augmenter dans une large mesure la transmission; je prends par exemple un enrobage de 5 cm de béton autour d'un tube de 15/21; on augmente l'émission de ce tube de 50 ou 100 %. Si l'émission devient une fois et demie ou deux fois plus forte, cela tient au fait que le béton constitue une sorte d'ailette; et on obtient une émission beaucoup plus grande que si le tube était nu, bien que la température du béton soit inférieure à la température du tube. Cela permet par conséquent avec un fluide à haute température d'obtenir une température de surface plus basse pour une émission totale plus élevée.

Je m'excuse de cette précision de physicien, mais elle permet de comprendre l'intérêt de ces surfaces de chauffe.

M. MARCQ. — J'ai été étonné de ne pas voir apparaître dans les conditions auxquelles doit satisfaire le chauffage des établissements scolaires, le fait que le système doit avoir une grande souplesse. Vous semblez négliger à peu près le problème de l'intermittence et les frais d'exploitation supplémentaires résultant d'un chauffage peu souple, comme c'est notamment le cas du chauffage par plafonds et planchers, peut-être parce que la durée d'occupation est plus grande que chez nous?

M. KOZIERSKI. — En effet, la durée d'occupation en Pologne est de 7 h du matin à 10 h du soir. Les classes sont occupées par roulement et, le soir, ce sont les plus âgés qui viennent.

M. LE PRÉSIDENT MISSENARD. — C'est le cours d'adultes?

M. KOZIERSKI. — C'est cela.

M. MARCQ. — Il y a d'autre part la question de la ventilation naturelle. Nous avons vu réparaître des systèmes que M. de Grave, dans sa communication, a condamnés, parce que nous avons eu des expériences absolument défavorables avec les systèmes à rentrée d'air.

Chauffage et ventilation des établissements scolaires

VENTILATION ET CHAUFFAGE DES ÉCOLES EN ALLEMAGNE

par **W. KRUGER**
Ingénieur diplômé, Berlin

M. le Président MISSENARD. — L'ingénieur Werner Krüger est diplômé de la Technische Universität de Berlin. Il fut tout d'abord le collaborateur du regretté professeur Gröber, que nous avons bien connu avant la guerre, lui-même successeur de Habbe à la chaire de Rietschel.

Il est Architecte du Gouvernement à l'Office du Chauffage et de Machines de la Municipalité de Berlin. A ce titre, il établit les programmes de construction de l'ensemble : chauffage, ventilation et machines de tous les grands bâtiments de la Ville de Berlin.

Premier Président de l'Association des Techniques Sanitaires de Berlin, il fait partie de cette cohorte de savants et techniciens éminents qui, avec Liese, Kollmar et Raiss, entre autres, honorent la Ville de Berlin et toute l'Allemagne.

L'homme passe la plus grande partie de son existence dans des locaux fermés. D'une façon très générale, nous devons donc attacher la plus grande importance à ce que le local — qu'il s'agisse de l'habitation ou du lieu du travail — réponde aux conditions de l'hygiène et ne nuise pas à notre bien-être moral et physique. Cette condition se pose tout particulièrement pour la conception et l'aménagement des écoles, où nos enfants passent plusieurs heures par jour pendant de longues années, et qui plus est, les années les plus importantes pour leur développement moral et physique.

Il est donc logique que l'hygiéniste ne se borne pas à ses exigences habituelles touchant la conception de l'école, la disposition de la salle de classe et l'éclairage, mais qu'il porte une attention spéciale à la question de la ventilation des salles de classe. Un air vicié entraîne des diminutions

de rendement chez les enfants. L'expérience des écoles de plein air, où l'enseignement est dispensé à l'air libre, fait apparaître, dès que les enfants sont habitués à l'ambiance extérieure, une amélioration de l'aptitude à la concentration, une diminution des phénomènes de fatigue et par suite une réduction de la durée du travail nécessaire à la confection des devoirs.

L'air des locaux occupés subit deux sortes de changement d'état que l'on peut appeler des modifications chimiques et physiques. Le premier comprend l'accroissement de la teneur de l'air du local en anhydride carbonique et sa dénaturation par les produits de la transpiration des individus; le second, l'accroissement de la température et de l'humidité relative de l'air par suite de la cession de chaleur et d'humidité par ces mêmes individus.

RÉSUMÉ

Après avoir rappelé les caractéristiques d'ordre physiologique auxquelles doit satisfaire le chauffage des locaux, le conférencier étudie plus spécialement celles correspondant aux établissements scolaires; il s'étend sur les particularités de la ventilation, discutant des différents modèles de fenêtres et de la répartition logique des circuits d'air. Passant au chauffage proprement dit, il cite les différents modes utilisés, discute de leurs caractéristiques respectives et précise les dispositions particulières applicables aux écoles à rez-de-chaussée, groupées autour d'un bloc administratif. Il mentionne les études physiologiques faites sur le chauffage par radiateurs comparé au chauffage par rayonnement. Il termine par une étude critique des types de construction tels qu'ils sont conçus actuellement.

SUMMARY

After a review of the physiological requirements which must be satisfied by any space heating system, the lecturer devotes special attention to those encountered in connection with heating systems for schools. A detailed discussion of ventilation follows, in the course of which various types of windows are described as well as the question of the logical distribution of air circuits. Continuing with a discussion of heating as such, various different types of systems are described. The respective characteristics of these different systems are explained. Special arrangements applicable to single story schools in which the class rooms are located around a central administration unit are described. He mentions physiological studies of the effect of radiator heating as compared to radiant heating. The author concludes with a critical analysis of various types of school buildings, as being designed at the present time.

La teneur de l'air du local en anhydride carbonique fournit une mesure utilisable, de sa viciation par rapport à l'air frais extérieur, du fait de son enrichissement en odeurs dû exclusivement aux produits des échanges du corps humain. On peut constater qu'une concentration d'environ 0,15 % d'anhydride carbonique dans un local clos indique un air déjà très éloigné des propriétés désirables de l'air pur extérieur, il peut par conséquent être déjà qualifié d'air « vicié » ou « usé ».

La viciation de l'air par l'accroissement de sa teneur en anhydride carbonique est représentée par la figure 1.

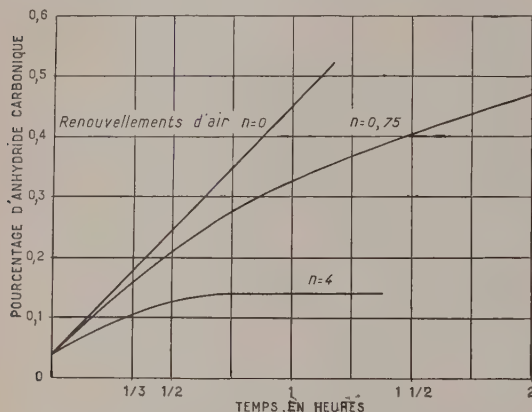


Fig. 1. — Viciation de l'air dans une salle de classe par accroissement de la teneur en anhydride carbonique.

Pour l'établissement des courbes, on s'est basé sur une salle de classe de 60 m² de surface, pouvant contenir environ 40 élèves. Ce sont les dimensions fixées dans les directives allemandes pour les nouvelles constructions scolaires. La hauteur prescrite étant de 3,30 à 3,50 m, le volume de la classe est d'environ 200 m³, ce qui représente un volume d'air de 5 m³ par élève.

La production d'anhydride carbonique par personne a été supposée égale à 0,02 m³/h. La teneur de l'air extérieur en anhydride carbonique a été prise égale à 0,04 % de CO₂. La courbe 1 donne l'accroissement de la teneur en anhydride carbonique quand il n'y a pas de ventilation et que les murs n'absorbent plus d'anhydride carbonique (cas théorique).

La courbe 2 correspond à une ventilation permanente naturelle par les interstices des portes et des fenêtres. On a admis ici un renouvellement d'air de 0,75 du volume du local par heure, qui correspond au mode de construction usuel des fenêtres.

La courbe 3 correspond à un renouvellement d'air de quatre volumes, il est produit par une installation de ventilation mécanique. Avec un tel renouvellement d'air la limite supérieure de la teneur en anhydride carbonique 0,15 %, est tout juste atteinte.

La température et l'hygrométrie de l'air dans une classe occupée, qui s'établissent au bout d'un certain temps d'occupation, dépendent de toute une série de grandeurs; leur variation est présentée dans la figure 2.

La courbe 1 indique l'accroissement de température dans la classe occupée avec un renouvellement d'air de 0,75 du volume de la classe, la courbe 2 l'accroissement de température dans la même classe pour un renouvellement d'air égal à quatre volumes. On voit qu'avec un renouvellement de 0,75 vol/h, l'accroissement de température est notable dès la première heure, il atteint presque son maximum. Avec un

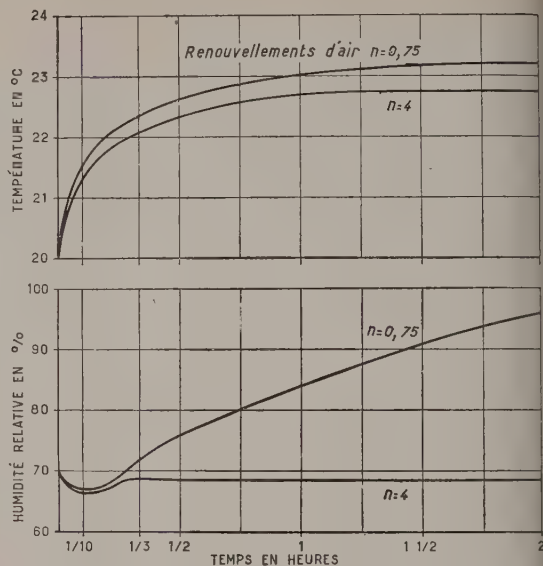


Fig. 2. — Accroissement de la température et de l'humidité de l'air dans une salle de classe occupée.

renouvellement d'air de quatre volumes, les conditions de température ne sont pas sensiblement améliorées.

Il est un fait bien connu dans la ventilation des salles de réunion totalement occupées, que l'on rencontre souvent des difficultés avec les installations de ventilation pour évacuer par une ventilation économiquement acceptable les quantités de chaleur dégagées dans la salle.

Les courbes 3 et 4 montrent la variation de l'humidité dans une classe occupée. Il apparaît ici que l'humidité dépend très fortement de l'importance du renouvellement de l'air. Tandis qu'avec un renouvellement de 0,75 du volume de la classe on constate un fort accroissement de l'humidité relative avec un renouvellement de quatre fois, l'humidité relative reste presque constante.

La figure 3 indique au cours de la saison chaude la variation de la température et de l'humidité pour trois états différents de l'air extérieur, savoir :

N° 1, hygrométrie 40 %, température 30° C.

N° 2, hygrométrie 55 %, température 25° C.

N° 3, hygrométrie 70 %, température 20° C.

Ce sont des ensembles de valeurs qui se présentent le plus fréquemment sous nos latitudes. La figure montre comment varie l'échelle de confort pour un renouvellement d'air de 0,75 de volume et pour un renouvellement de quatre volumes. Cette échelle de confort est basée sur la courbe de chaleur humide de Lancaster-Castens. Avec un renouvellement d'air de quatre volumes cette courbe est à peine atteinte tandis qu'avec la ventilation naturelle, tous les états d'air s'étendent sensiblement dans le domaine de la chaleur humide.

Pour donner à l'air des classes des propriétés aussi voisines que possible de celle d'un air extérieur irréprochable, il faudrait s'efforcer d'obtenir un renouvellement d'air de quatre volumes horaire. Pour pouvoir introduire dans la classe sans

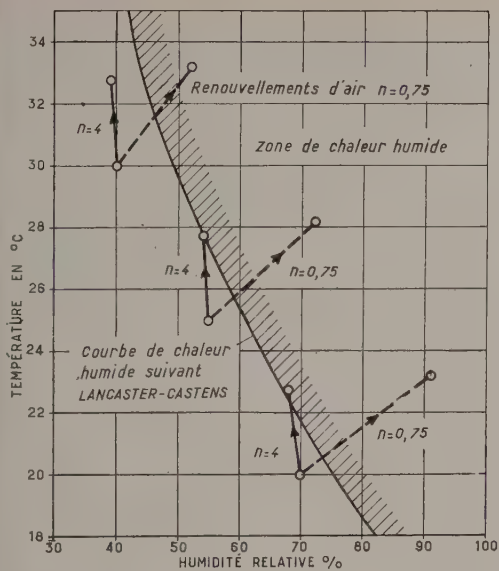


Fig. 3. — Élévation de la température et de l'humidité de l'air dans une salle de classe occupée (après 1 h 30 mn de cours).

pour fournir cet air frais nécessaire, et par suite maintenir uniformément bonne la qualité de l'air pendant toute la durée d'un cours, le procédé le plus indiqué consiste dans une installation de ventilation mécanique avec, en hiver, échauffage de l'air et complétée par des filtres à poussières. Toutefois, de telles installations sont trop onéreuses pour des salles de classe et économiquement inacceptables dans les conditions climatiques régnant en Allemagne. La question de la ventilation est étroitement liée chez nous à celle du chauffage. Il faut songer que l'on chauffe en Allemagne pendant sept mois de l'année, et que par conséquent pendant ces sept mois l'installation de ventilation entraîne des dépenses de chaleur considérables, et que d'autre part, sur les cinq mois de l'année pendant lesquels on ne chauffe pas, il y a un mois et demi de vacances. Des installations de ventilation mécanique ne pourraient donc être envisagées dans notre pays que dans des cas tout particuliers, par exemple en cas de situation défavorable de l'école dans des régions industrielles à air pollué, ou dans des zones bruyantes, etc.

La ventilation par les fenêtres est le cas général pour les locaux d'enseignement, à l'exception de certaines classes spéciales (chimie). Il ne sera pas toujours possible d'obtenir un rapport permanent d'air pur avec absence de courants d'air et sans que les enfants assis près d'une fenêtre ne soient gênés par l'arrivée de l'air frais. La ventilation par les fenêtres ne devra donc avoir lieu que pendant les récréations. La ventilation brève, mais intensive, des salles de classe pendant les récréations, au moyen des fenêtres, et, au besoin, des portes, est prescrite chez nous dans le règlement scolaire (abandon des salles pendant les récréations). L'abaissement momentané de la température de l'air à la fin de la récréation jusque vers 15 et même 12° C (suivant la saison et l'inertie thermique de la construction) n'est pas en contradiction avec les conditions de l'hygiène. Au contraire, l'hygiéniste considère qu'il y a un certain danger dans le fait que l'uniformité très marquée de la température favorise un certain amollissement et ne permet pas l'effet stimulant de l'air frais et l'endurcissement désirable.

Une distribution judicieuse de l'air froid et son mélange avec l'air du local avant d'atteindre la zone de séjour des enfants présuppose que les fenêtres, ou au moins un châssis de chaque fenêtre, peut être fixé dans toute position d'ouverture et notamment ne laissant libre qu'une faible fente.

Il faut noter que les opinions sont encore très divergentes sur le type de fenêtre le plus favorable. Les vasisas basculant disposés au-dessus d'une fenêtre simple ou double, très répandus autrefois dans les écoles allemandes, n'est plus en faveur aujourd'hui, parce qu'il ne permet guère l'admission d'air frais sans déplorer des courants d'air pendant le cours. La figure 4 représente un type spécial de fenêtre à vasisas en forme de caisson. L'air neuf et froid introduit est dirigé vers la partie basse entre la vitre intérieure et la vitre extérieure, il passe ensuite sur la radiateur et, après échauffement, envoyé dans la pièce. Cette forme de réalisation est, il est vrai, coûteuse. La figure 5 montre un autre type d'exécution de fenêtre à imposte. Ce modèle a déjà donné satisfaction dans de nombreux cas. À l'ouverture, la poutre mobile bascule tout d'abord vers le bas, et se place ensuite parallèlement au plan général de la fenêtre.

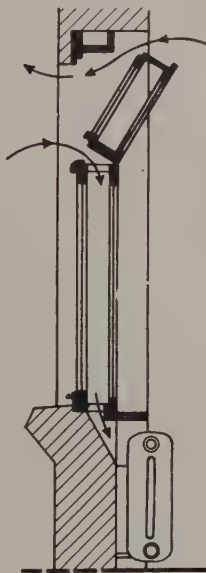


Fig. 4. — Fenêtre à vasisas en caisson.

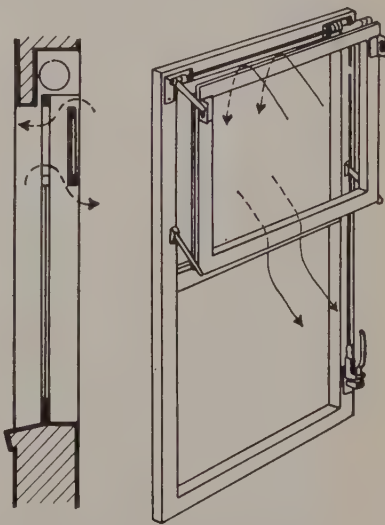


Fig. 5. — Fenêtre à imposte parallèle.

Dans les salles de classe dotées de fenêtres d'un seul côté, il ne faut pas oublier que les baies de fenêtres doivent permettre à la fois l'entrée de l'air extérieur plus froid, et la sortie de l'air intérieur chaud et humide. Une baie large, mais de faible hauteur est donc moins efficace qu'une ouverture de même surface étroite, mais haute ou que deux baies placées à des niveaux différents. On peut réaliser une entrée d'air de ce genre à l'aide d'un vasisas dans le haut et un autre dans le bas de la fenêtre (fig. 6). L'air chaud et vicié du local s'échappe par le vasisas supérieur tandis que l'air frais pénètre par le vasisas inférieur.

On obtient également un échange d'air satisfaisant entre l'intérieur et l'extérieur à l'aide d'une fenêtre coulissante en deux parties (fig. 7). Dans les fenêtres coulissantes, il faut

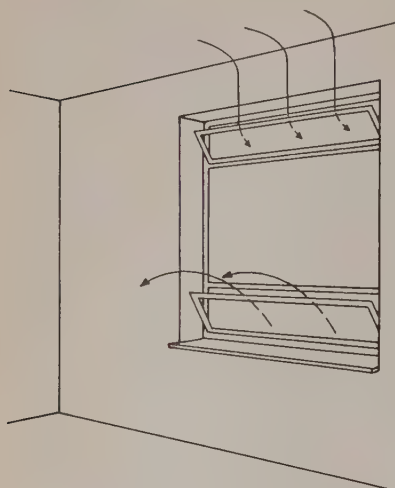


Fig. 6. — Vasisstas basculant supérieur et inférieur.

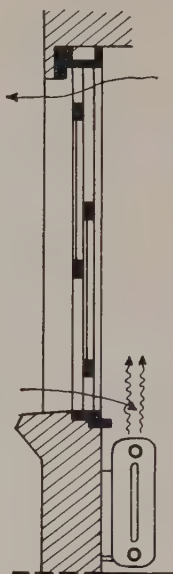


Fig. 7. — Fenêtre coulissante en deux parties.

veiller tout particulièrement dans la position fermée à l'étanchéité de l'ensemble.

Par ailleurs, on rencontre souvent, aujourd'hui, dans les nouvelles constructions scolaires, des fenêtres à châssis basculant ou pivotant (fig. 8). Ces fenêtres, et notamment celles à châssis basculant pénètrent parfois lorsqu'elles sont entièrement ouvertes, si profondément dans la salle de classe, que les enfants peuvent s'y heurter et se blesser. La ventilation par les fenêtres doit en outre être réalisée de telle sorte que des fleurs puissent être disposées sur le rebord des fenêtres. On a également constaté une transmission accrue des bruits du dehors, en particulier avec les châssis basculants, parce que le châssis dans sa position d'ouverture complète produit l'effet d'un abat-son.

Les meilleurs résultats ont été obtenus par la ventilation transversale autrement dit par une disposition de baies de

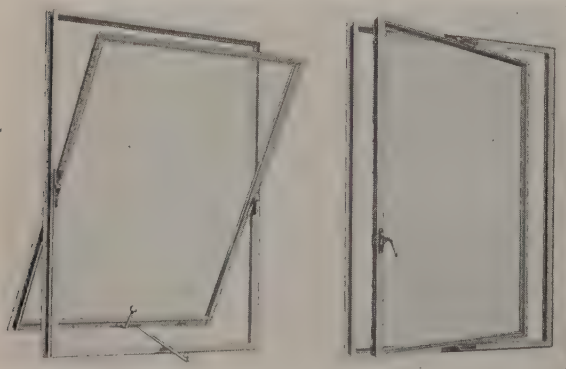


Fig. 8. — Fenêtre à châssis basculant et à châssis pivotant.

fenêtre réglables aménagées dans des murs opposés. L'installation de fenêtres dans les deux murs opposés d'une classe est, en général, exigée aujourd'hui; elle possède deux avantages décisifs :

1° On obtient un éclairage aussi uniforme que possible des locaux.

2° Pendant les récréations, on réalise une ventilation intensive du local, et même pendant le cours, on peut obtenir une aération permanente douce et exempte de courants d'air, toutefois cela n'est pas exact pour toutes les conditions atmosphériques.

Cette ventilation transversale, désirable pour les raisons ci-dessus, entraîne naturellement des frais supplémentaires considérables de construction. Mais actuellement l'évolution a pris cette orientation et par suite a rendu superflu l'aménagement d'installations de ventilation mécaniques pour les salles de classe et cela à quelques rares exceptions près. La figure 9 montre la réalisation de la ventilation transversale dans les locaux d'enseignement. Avec les constructions par pavillons qui se répandent de plus en plus, avec leurs salles de classe en simple rez-de-chaussée, cette ventilation transversale ne présente pas de grandes difficultés de réalisation. Quand contre on édifie des bâtiments scolaires à plusieurs étages, ce qu'il faut en général s'efforcer de faire pour des raisons économiques, la réalisation de la ventilation transversale se heurte à des difficultés considérables. Une construction nouvelle de Berlin (fig. 10) montre avec une coupe de la partie du bâtiment qui contient les salles de classe une possibilité de réalisation.

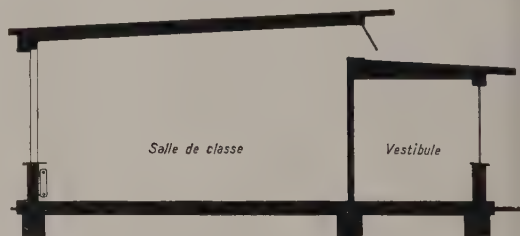


Fig. 9. — Coupe d'une salle de classe à ventilation transversale (construction en pavillons).

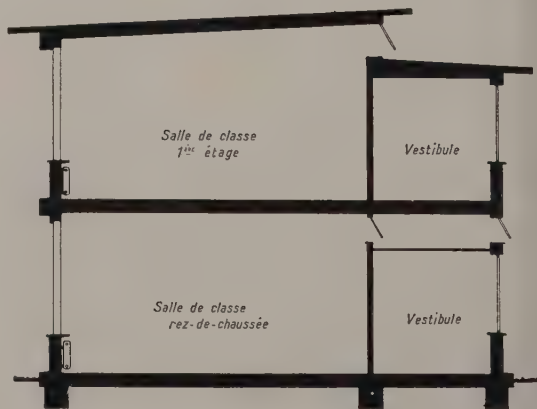


Fig. 10. — Ventilation transversale dans un bâtiment scolaire à étages.



Fig. 11. — Vue d'une école avec ventilation transversale pour les salles de classe.

Figure 11 donne une vue de bâtiments scolaires où l'on voit les baies de ventilation dans les étages intermédiaires. Les conduits d'évacuation d'air avec bouches au plafond de la salle de classe et débouchant sur le toit ne sont plus utilisés, parce que leur efficacité est en général trop faible. D'autre part, dans certaines conditions atmosphériques, les salles souffrent de ce fait un refroidissement excessif. Enfin, le nettoyage de ces conduits est difficile.

Dans les salles de physique et de chimie, ainsi que dans les machines et les buanderies des écoles professionnelles, il est évidemment impossible de se dispenser de la ventilation artificielle. Comme il s'agit le plus souvent ici de renouvellements d'air élevés, il convient d'accorder une attention particulière à l'amenée d'air frais. Il faut vérifier avec soin, dans chaque cas particulier, si l'air neuf peut être introduit dans la salle sans être chauffé, ou s'il est nécessaire de prévoir des conduites de distribution spéciales. En aucun cas on ne doit permettre que la quantité d'air qui pénètre par les interstices des portes ou des fenêtres est suffisante.

Pour les salles des fêtes et les gymnases, une installation de ventilation est fréquemment nécessaire, en particulier lorsque ces locaux sont utilisés pour d'autres manifestations sportives. Mais ici le problème de la ventilation se confond avec celui du chauffage. Il y a lieu d'examiner s'il doit être prévu une installation de chauffage locale en y ajoutant une installation de ventilation, ou s'il est plus indiqué d'adopter un chauffage à air chaud pouvant en même temps jouer le rôle d'installation de ventilation.

Le chauffage des différentes salles de classe est assuré le plus souvent par une chaufferie centrale; c'est le chauffage à eau chaude avec emploi des radiateurs qui est le plus fréquemment adopté. Le chauffage à eau chaude est économique et hygiénique; il est à l'abri des accidents et possède une grande souplesse. Selon les conditions locales il est réalisé par thermostat ou avec pompe.

Le chauffage indépendant des classes n'est à envisager en général que pour les petites écoles jusqu'à quatre classes,

parce que dans ce cas le chauffage central ne se justifie pas. Il est alors opportun d'adopter des appareils dont les portes de chargement et les dispositifs d'alimentation en combustible sont disposés dans le vestibule.

Dans les régions où l'on dispose de gaz à un tarif économique on emploie parfois le chauffage indépendant au gaz dont les avantages : facilité de réglage, propreté d'entretien, absence de dégagement de poussière, sont incontestables. Le chauffage au gaz peut être économique, par exemple pour des cours de faible durée et lorsque les salles sont irrégulièrement occupées. Les dispositifs de sécurité qui sont prescrits permettent de se mettre à l'abri, dans une large mesure, des risques d'asphyxie et d'explosion, néanmoins, il n'est pas toujours possible d'éviter, dans des conditions défavorables, que l'air du local ne soit vicié. Il convient d'employer des appareils de chauffage fournissant la chaleur surtout par convection, à l'exclusion d'appareils essentiellement radiants. Avec des appareils de chauffage au gaz sans conduit spécial d'évacuation des gaz de combustion, appareils appliqués le long du mur extérieur et dont les gaz brûlés s'échappent directement à l'extérieur par un conduit traversant le mur, il ne faut pas employer de fenêtres à châssis basculant et cela en vue d'éviter l'introduction de gaz brûlé dans les locaux scolaires.

Le chauffage indépendant électrique, même par rayonnement infra-rouge, n'est pas utilisé dans les locaux d'enseignement, parce que les dépenses d'énergie sont trop élevées.

Dans le calcul des éléments d'une installation de chauffage, il est nécessaire avant tout de choisir correctement la température des locaux et de tenir compte des conditions climatiques. Le concours de la température de l'air de la pièce, de celle de la température des vitres des fenêtres et des murs extérieurs, enfin de celle des surfaces chauffantes est déterminant pour obtenir un climat d'ambiance avec confort en cas de séjour prolongé. L'hygiéniste demande que les températures de l'air soient aussi uniformes que possible dans chaque plan horizontal et chaque plan vertical du local, et qu'en outre la température superficielle des surfaces refroidissantes ne soit pas inférieure à la température moyenne de la salle de plus de 6 à 8° au maximum, même au droit des fenêtres, qui sont relativement exposées. La température de l'air doit s'élever à 16 à 17° C immédiatement avant le début du cours et ne doit pas dépasser 20 à 21° C pendant celui-ci. Elle doit être plutôt trop faible que trop élevée. Pour le calcul des besoins calorifiques, donc pour la détermination des surfaces chauffantes, il est prescrit d'adopter 20° C pour toutes les salles de classe; les vestibules, cages d'escalier et W.C. sont calculés pour 15° C, les gymnases pour 15° C, les salles de bains et de déshabillage pour 22° C. Pour le calcul des surfaces chauffantes, il convient également de tenir compte du renouvellement de l'air. On admet une majoration correspondant à un renouvellement d'air horaire de deux volumes jusqu'à $\pm 0^\circ$ C extérieur. On tient compte de la chaleur émise par chaque élève à raison de 60 kcal/h. Ces bases de calcul permettent un renouvellement d'air horaire plus important aux températures extérieures moyennes d'hiver.

Le choix et la disposition des surfaces chauffantes dans un local jouent un rôle décisif. Le problème du chauffage n'est pas résolu, dans les salles de classe, par le simple fait que l'on apporte au moyen de surfaces chauffantes disposées d'une façon quelconque la quantité de calories correspondant aux déperditions de chaleur par les fenêtres et par les murs extérieurs. On ne peut ainsi éviter que les élèves et les maîtres ne soient incommodés par le froid, par les courants d'air ou par un chauffage excessif. Il faut obtenir une répartition correcte des surfaces chauffantes dans les locaux et un apport de chaleur combinant en proportions convenables un rayonnement doux et la convection. De plus, l'échauffement relativement rapide du local par suite de la chaleur émise par les



(Werth-Lehnhardt.)

Fig. 12. — Chauffage par radiateurs dans une salle de cours.



Fig. 13. — Panneaux métalliques dans une salle de classe.

nombreux assistants exige une souplesse correspondante de l'apport de chaleur par les radiateurs, autrement dit il faut avoir la possibilité depuis la chaufferie, d'effectuer un réglage à action rapide.

Comme surfaces chauffantes, on emploie le plus généralement des radiateurs qui doivent être lisses et présenter un espacement assez grand entre les différents éléments (fig. 12). Ils doivent être placés en avant du mur, sans enveloppes de radiateurs, ni tablette; ils ne doivent donc pas se trouver dans une niche; la distance au plancher doit être au moins de 15 cm, celle au mur doit être d'au moins 5 cm. Pour faciliter le nettoyage du plancher, le radiateur ne doit pas être posé sur pieds, mais fixé au mur à l'aide de consoles. Les radiateurs doivent être disposés sous les fenêtres et si possible s'étendre sur toute la largeur de la fenêtre, pour éviter les phénomènes de courant d'air dû à l'air froid descendant.

Outre les radiateurs, on emploie de plus en plus les corps chauffants plats dénommés radiateurs plats ou panneaux chauffants. Ceux-ci exigent, pour fournir la puissance calorifique nécessaire, de grandes surfaces murales; en outre les dépenses d'acquisition sont considérables. Il n'est pas conseillé de les disposer en plusieurs rangs, l'un derrière l'autre. La figure 13 représente une salle de classe munie de ces appareils. On voit que les plaques s'étendent sur la totalité du mur percé de fenêtres. Il faut veiller tout spécialement à ce que les plaques soient de construction très rigide, pour qu'elles ne se faussent pas à cause de leur grande longueur. Au début, on s'est heurté à des difficultés notables à cet égard. Ces corps chauffants sont construits suivant les formes les plus variées (fig. 15). Ils sont fréquemment employés aussi dans les vestibules pour ne pas avoir un encombrement excessif (fig. 15). La distribution du chauffage est assurée par des canalisations horizontales. Ce dispositif présente ici l'avantage particulier que l'on n'aperçoit aucune canalisation verticale devant les montants étroits de fenêtre. La figure 16 montre les plaques chauffantes dans une cage d'escalier.

Les convecteurs, qui sont très répandus aux États-Unis, ne sont employés que dans des cas spéciaux. Les convecteurs doivent être rendus accessibles en vue de leur nettoyage,

par l'installation d'écrans amovibles. Néanmoins, ils donnent lieu à des objections au point de vue de l'hygiène par suite de la possibilité d'accumulation et de carbonisation des poussières. Pendant les arrêts du chauffage, notamment, d'importantes quantités de poussières peuvent se déposer sur le convecteur, faute d'un entretien suffisant de la propreté des planchers, des murs etc. La figure 17 montre une salle de classe chauffée par convecteurs. Ceux-ci sont masqués par des plaques de matière plastique faciles à enlever.

Les différents corps chauffants sont munis de robinets de réglage qui ne peuvent être manœuvrés qu'à l'aide de clés.

Fig. 14. — Panneaux métalliques dans une salle des fêtes.

(Presse-Foto, Gettlinger.)





Fig. 15. — Radiateurs plats dans un vestibule (système à un tube).



Fig. 16. — Panneaux métalliques dans une cage d'escalier.

dont dispose le chauffeur (et éventuellement le maître) et cela en vue d'éviter les manœuvres intempestives de ces robinets par les élèves.

L'accrochage aux radiateurs de récipients en terre cuite remplis d'eau pour accroître l'humidité relative ambiante par évaporation de l'eau est un procédé peu satisfaisant. L'humidité relative de l'air de la classe au début du cours n'est inférieure à la limite minimum en général désirée de 30 % que par les journées très froides d'hiver, qui sont peu nombreuses. L'effet utile occasionnel des saturateurs est donc hors de proportion avec la dépense d'acquisition, de nettoyage, de remplissage, de remplacement des saturateurs brisés etc. Pour faire disparaître les plaintes relatives à l'irritation de la gorge attribuée à l'air trop sec, il vaut mieux nettoyer les tableaux à l'éponge humide et huiler régulièrement les planchers pour éviter l'envol de la poussière déposée sur ces surfaces.

Le chauffage à l'air chaud a été rarement appliqué jusqu'à présent dans les écoles en Allemagne. Les bâtiments scolaires ne sont pas utilisés, uniquement dans la journée pour les besoins de l'enseignement, mais ils sont parfois occupés le soir pour des cours spéciaux, pour des réunions, etc. Ils exigent donc, dans la majorité des cas, un chauffage permanent, comme dans un bâtiment administratif ou d'habitation, et dans ce cas le chauffage à air chaud pur devient onéreux.

La figure 18 représente une école de construction nouvelle prévue pour le chauffage à air chaud par le gaz. L'école est construite suivant la disposition dite à pavillons. Deux rangées de pavillons contenant les salles de classe et le vestibule central aboutissent à un bâtiment transversal par lequel elles communiquent et où se trouvent la salle des maîtres, l'administration, ainsi que les locaux d'enseignement communs à toutes les classes, telle par exemple la salle de physique ou celle de chimie. La figure 19 donne le plan d'une classe sur lequel on a fait figurer le chauffage à air chaud par le gaz. Chaque classe avec ses dépendances, possède un générateur d'air chaud à gaz installé dans une niche et accessible du



Fig. 17. — Chauffage par convecteurs dans une salle de classe.



(Ewald Kramer.)

Fig. 18. — Vue de l'école à pavillons.

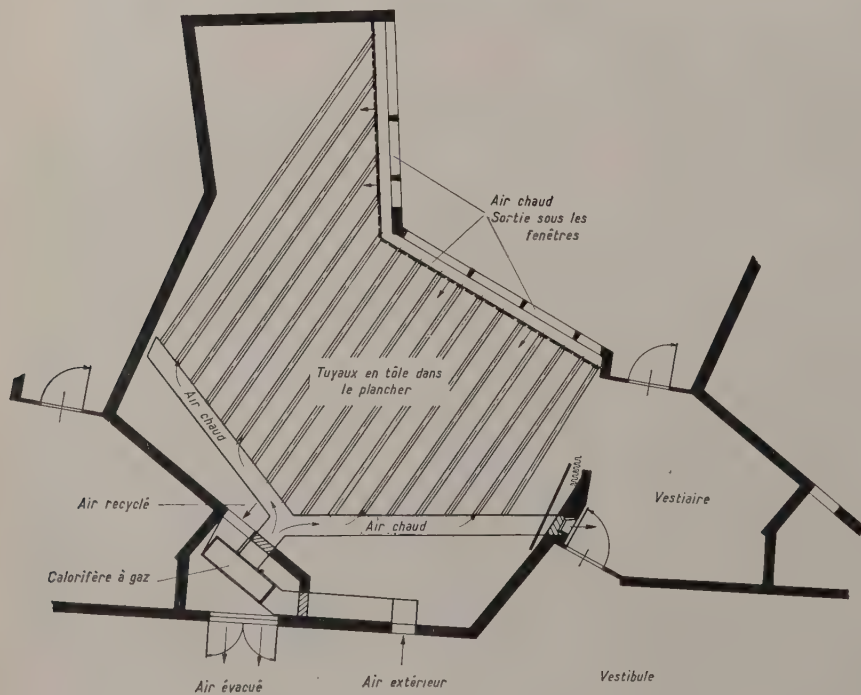


Fig. 19. — Plan d'une salle de classe avec chauffage à l'air chaud.

vestibule. Tous les appareils sont entièrement automatiques et sont mis en marche ou arrêtés depuis un poste central.

L'air chaud circule dans des conduits en tôle noyés dans le plancher et sort sous les fenêtres sur toute la largeur de la classe. Les conduits ont un diamètre de 10 cm. L'air du local est évacué sur la face opposée. Un volet réglable permet le fonctionnement avec de l'air neuf. L'air évacué passe dans le vestibule, il est, par suite, utilisé en hiver pour le chauffage de ce dernier. Les considérations ci-après ont motivé cette utilisation :

1° Le chauffage à air chaud a été adopté afin de pouvoir chauffer les différentes classes en toute indépendance suivant la durée d'utilisation ;

2° Même aux températures les plus basses, il n'y a aucun risque de gel ;

3° Le chauffage à l'air chaud permet en même temps une ventilation mécanique des différentes salles de classe, indépendamment l'une de l'autre ; suivant les besoins et la température extérieure, on peut faire varier la proportion d'air frais. Il est, l'installation peut fonctionner comme installation de ventilation pure ;

4° Les conduits d'amenée posés dans le plancher produisent l'échauffement de celui-ci, de sorte que l'on ne ressent pas désagréable impression habituelle de froid aux pieds dans les salles de classe dépourvues de sous-sol.

5° Les dépenses de main-d'œuvre de l'installation sont faibles ; les dépenses d'exploitation sont réduites en raison de la possibilité d'adaptation précise à la durée d'utilisation.

Aux considérations ci-dessus, qui constituent assurément ses avantages, s'opposent toutefois aussi des inconvénients, à savoir :

1° Frais d'installation élevés, service d'entretien onéreux ;

2° Possibilité d'incidents plus fréquents dans l'exploitation que dans les systèmes de chauffage central habituels.

3° Inconvénients hygiéniques résultant de l'échauffement rapide de l'air des locaux alors que les parois de l'enceinte montent lentement en température ce qui, dans ce mode de construction à pavillons, a une grande importance.

Ces derniers temps, on a aussi employé de plus en plus dans les salles de classe, le chauffage par rayonnement ; des parties plus ou moins importantes de la surface du plafond, ainsi que du mur extérieur, servent de surface chauffante. Les constructions d'écoles pendant ces dernières années ont montré qu'avec un choix et une exécution soignée de type de plafond ainsi que pour le maintien d'une température de surface modérée ou d'une dimension suffisante de la partie chauffante du plafond, on peut satisfaire complètement aux nécessités hygiéniques auxquelles doit répondre un chauffage d'école. Les avantages particuliers au point de vue de l'hygiène du chauffage par rayonnement résident incontestablement dans la suppression des radiateurs évitant ainsi les entraînements de poussières. On avait pensé que le chauffage par le plafond provoquerait une fatigue prématurée des enfants, et que ce système ne conviendrait pas pour les salles de classe, mais ces craintes ne se sont pas vérifiées. Des essais comparatifs ont été effectués ces dernières années sur des salles de classe chauffées soit par le plafond, soit par des radiateurs. Tandis que les premiers essais portaient essentiellement sur des problèmes techniques de chauffage, on a tenté, lors d'essais plus récents, d'obtenir également des renseignements plus complets sur l'influence des deux modes de chauffage sur la capacité de travail des écoliers et éventuellement sur les différences de leur activité. On a posé à un groupe de trente-six élèves, garçons et filles, des problèmes de calcul,

tantôt dans des classes pourvues de chauffage par rayonnement, tantôt dans d'autres munies de radiateurs, toutes choses égales d'ailleurs. Les phénomènes de fatigue étaient interprétés par des notes dans les deux cas, et comparés. Les essais eurent lieu pendant plusieurs jours et à des heures différentes. Les résultats n'ont fait apparaître aucune différence réelle entre les deux modes de chauffage. Les essais de ce genre sont naturellement rendus plus difficiles par certaines différences que comportent les deux systèmes. Le chauffage par le plafond a une plus grande inertie que le chauffage par radiateurs. Il est difficile de créer des conditions de fonctionnement et des températures initiales identiques, et de maintenir des caractéristiques d'air comparables. La différence entre les deux systèmes de chauffage apparaît d'une façon particulièrement nette quand on considère les températures après une récréation de cinq minutes permettant la ventilation de la classe. La figure 20 montre la variation de température dans une salle de classe après cinq minutes de ventilation. Les courbes 1 et 2 indiquent la variation de température au milieu de la salle chauffée par rayonnement ; les courbes 3 et 4 dans la salle chauffée par radiateurs. (Mesures effectuées à mi-hauteur et à 50 cm au-dessus du plancher.) On voit nettement qu'avec le chauffage par le plafond, le local se refroidit nettement moins qu'avec le chauffage par radiateurs. L'inertie et par suite la stabilité calorifique du chauffage par de grandes surfaces rayonnantes sont très avantageuses pour permettre sans inconvénient la ventilation par l'ouverture des fenêtres.

Outre les installations à grande surface chauffante et à température superficielle modérée, il a été réalisé également des installations avec panneaux rayonnants. La figure 21 représente dans une salle de cours un chauffage par panneaux rayonnants. Les tubes sont disposés dans la salle, ils sont visibles. La figure 22 montre des panneaux rayonnants chauffants dans un vestibule. Ces panneaux sont constitués par des tôles d'acier de 60 cm de largeur montées à la presse autour d'un tube d'acier de 2,54 cm (1") placé dans leur axe, elles sont soudées en plusieurs points. Comme fluide chauffant, on emploie généralement l'eau surchauffée à 110° C.

Toutefois, l'application du chauffage par rayonnement est, jusqu'ici, restée limitée en Allemagne à un petit nombre de

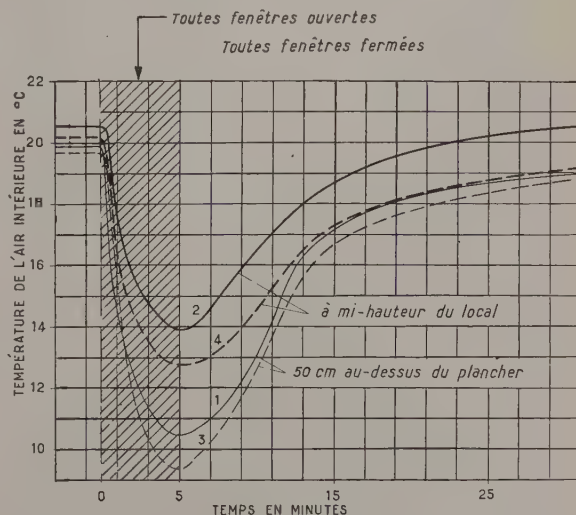


Fig. 20. — Variation de la température de l'air dans une salle de classe pendant la ventilation.
— chauffage par rayonnement
--- chauffage par radiateurs



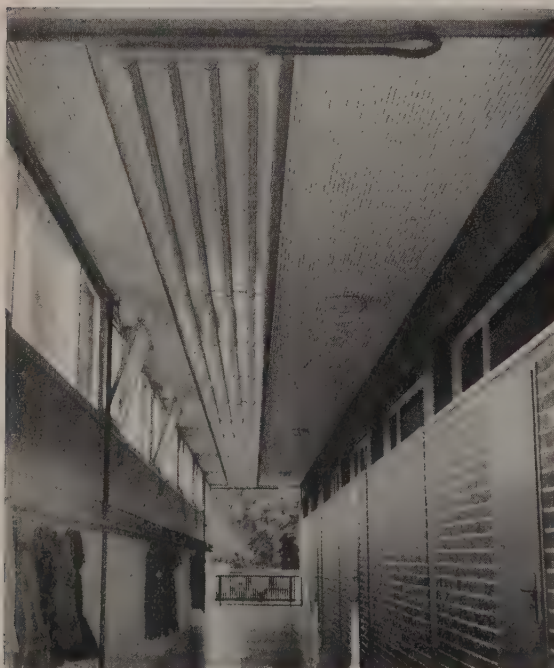
Fig. 21. — Panneaux rayonnants dans une salle de cours.
(Carl Müller und Sohn, Hambourg.)

cas spéciaux, parce que les dépenses d'installation sont actuellement plus élevées que celles du chauffage à radiateurs. En outre, auprès des grandes surfaces vitrées qu'affectionnent les architectes d'aujourd'hui, il faut disposer des surfaces de chauffe supplémentaires pour protéger du rayonnement latéral de froid les places voisines des fenêtres. Ce chauffage complémentaire peut être constitué par des tubes inclus dans le mur extérieur, ou encore par des panneaux rayonnants disposés en avant de la face interne du mur extérieur. Mais cette mesure complémentaire, réclamée par l'hygiéniste, entraîne un nouvel accroissement des dépenses d'installation.

L'emploi exclusif du sol comme surface de chauffe est contre indiqué dans les salles de classe. Les hygiénistes n'admettent

Fig. 22. — Panneaux rayonnants dans un vestibule.

(Ernst Bruller.)



pas une température de sol supérieure à 25° C. Or, avec la conception actuelle des classes, ce chiffre ne permet pas de faire face aux besoins calorifiques généraux avec la majoration nécessaire pour la ventilation. Le chauffage par le sol ne peut être prévu que dans des cas spéciaux comme chauffage d'appoint à faible température, mais ce système n'est pas recommandable pour des raisons économiques.

Le chauffage des préaux de gymnastique est réalisé d'une façon un peu différente de celui des salles de classe et de cours ordinaires. Son choix dépend des conditions locales. Si le gymnase est contigu au bâtiment scolaire principal, il est indiqué de le raccorder à l'installation de chauffage principale. On emploie alors en général comme surfaces chauffantes des radiateurs disposés sous les fenêtres (fig. 23), en veillant particulièrement à ce que les radiateurs soient placés dans des niches ou soient munis d'enveloppes et cela afin d'exclure tout risque d'accident et toute avarie des corps chauffants. Si les gymnases sont au contraire situés à l'écart du bloc des classes, il peut être avantageux de réaliser une installation de chauffage séparée. Par exemple, on peut envisager pour les préaux de gymnastique d'autres systèmes de chauffage, tels que des panneaux rayonnants au plafond, des radiateurs à gaz ou des chauffages à air chaud à foyer. La figure 24 représente un préau de gymnastique chauffé au moyen de radiateurs à gaz. Le préau a une surface de plancher de 216 m² et une hauteur de 4,5 m. Il est prévu huit radiateurs à gaz, consommant 6,6 m³ de gaz par radiateur et par heure.

Fig. 23. — Chauffage d'un préau de gymnastique par radiateurs.



Fig. 24. — Préau de gymnastique avec radiateurs à gaz.





(Hugo Schmolz, Cologne.)

fig. 25. — Préau de gymnastique avec panneaux rayonnants au plafond.

La figure 25 montre un préau de gymnastique muni de panneaux rayonnants inclus dans le plafond. Les panneaux chauffants sont disposés transversalement dans le préau. Dans le sens longitudinal il est prévu trois grandes rampes d'éclairage.

Tandis qu'on rencontre rarement des convecteurs dans les salles de classe, ils sont plus fréquemment utilisés dans les préaux de gymnastique, parce qu'ils permettent d'obtenir facilement des surfaces murales lisses. Les plaques de recouvrement sont faciles à enlever pour permettre le nettoyage. Au premier plan, une plaque a été enlevée.

Le chauffage par le sol est généralement insuffisant pour assurer le chauffage des préaux de gymnastique; comme chauffage d'appoint, il est très onéreux. Il est vrai que pour les exercices aux agrès ou au sol, un plancher chaud est très agréable.

Le chauffage à air chaud, qui peut être utilisé en même temps pour la ventilation, est hygiéniquement parfait et dans bien des cas il présente des avantages économiques. C'est ainsi que dans de nombreux cas on a combiné l'emploi de radiateurs avec celui du chauffage à air chaud; il convient alors de faire assurer les deux tiers de la fourniture de chaleur par les surfaces chauffantes et le tiers par le chauffage à air chaud. Cette combinaison a donné de bons résultats pour les préaux de gymnastique ainsi que pour les salles des fêtes, autrement dit pour les locaux qui, du fait de leur utilisation, exigent des systèmes de chauffage réagissant rapidement, et qui, en dehors des besoins scolaires, servent encore pour d'autres manifestations sportives ou culturelles.

En dehors des besoins pratiques du chauffage des écoles et des conditions hygiéniques que doit remplir un système de chauffage, les considérations d'importance capitale sont avant tout des considérations économiques, notamment au point de vue des dépenses d'installation et ultérieurement dépenses d'exploitation. Il apparaît clairement ici que le type de construction des écoles et le système de chauffage doivent être adaptés l'un à l'autre. En particulier, il faut tenir compte, dès l'établissement du projet de l'installation de chauffage, des dimensions et du type de construction des fenêtres, ainsi que des déperditions calorifiques dues aux interstices des fenêtres. C'est pourquoi, pour éviter les inconvénients des filets d'air et des surfaces de fenêtre trop froides, il est vivement recommandé en général d'installer dans tous les locaux scolaires des doubles fenêtres ou des fenêtres à plusieurs vitres. Il faut s'efforcer dans l'exécution de la construction d'obtenir un bon isolement thermique et un mode de construction spécialement étanche à la chaleur. Ceci s'applique en particulier aux bâtiments à rez-de-chaussée ou de grande longueur pour ceux à un ou à deux étages. Un bon isolement des plafonds est absolument indispensable dans les étages

supérieurs. Les dépenses de construction sont plus élevées mais elles sont compensées en quelques années par des économies de combustibles.

Une cause essentielle des déperditions de chaleur d'un bâtiment réside dans les vestibules, les halls et les cages d'escalier munis de grandes fenêtres le plus souvent à simple vitrage. Comme il s'agit de locaux annexes, qui ne sont pas occupés de manière permanente, on peut sans inconvénient se contenter d'un éclairage moindre par des fenêtres plus petites. On s'attache en Allemagne à ce que, même pour les types de construction modernes, les besoins calorifiques spécifiques n'excèdent en aucun cas 30 à 35 kcal/m³ de volume clos.

La Ville de Berlin a effectué des études importantes sur la consommation de combustible des écoles de différents types (fig. 26). On voit ici très nettement que les écoles de construction ancienne ont des besoins calorifiques spécifiques qui ne varient qu'entre des limites étroites. Dans les nouvelles écoles, les besoins calorifiques spécifiques sont nettement plus élevés que dans les anciennes; en outre, ils sont soumis à des fluctuations plus importantes.

Fig. 26. — Besoins calorifiques spécifiques des écoles de construction ancienne et des écoles de construction nouvelle.

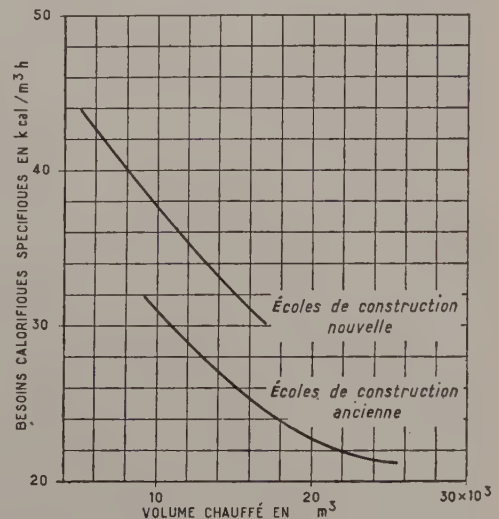




Fig. 27. — Comparaison de deux bâtiments scolaires.

La comparaison de deux bâtiments scolaires de dimensions sensiblement égales (fig. 27) fournit un exemple typique sur l'influence que présentent deux types de construction différents sur la consommation de combustible et par suite sur les dépenses d'exploitation.

Ces deux écoles sont des constructions nouvelles, elles ont été édifiées à peu près en même temps. Les dépenses de combustible de celle de conception nouvelle sont doubles de celle de conception ancienne pour un même volume.

Dans l'étude des constructions scolaires, on ne peut subordonner aveuglément l'aspect économique des dépenses d'exploitation aux désirs de conception de l'architecte. Il n'est pas contestable que nos bâtiments scolaires actuels entraînent un accroissement notable des besoins calorifiques spéci-

ifiques. On a construit ces dernières années un grand nombre de nouveaux édifices scolaires dont le style moderne est considéré comme un progrès appréciable dans la conception. Par ailleurs, il est incontestable que dans les constructions de conception moderne, les conditions hygiéniques et esthétiques sont sensiblement améliorées. Mais par ailleurs, on ne saurait admettre que du fait de projets architecturaux et de modes de construction qui relèvent en grande partie de la mode, les dépenses d'installation et plus encore les dépenses d'exploitation se trouvent sensiblement accrues. Par suite de l'augmentation des prix des combustibles, le budget d'exploitation d'un bâtiment dépend considérablement, et même essentiellement, des dépenses de chauffage. L'architecte a donc l'obligation d'édifier des bâtiments qui tiennent le plus largement compte des besoins hygiéniques et esthétiques, mais dont les dépenses ne soient pas excessives.

DISCUSSION

M. LE PRÉSIDENT MISSENARD. — Je vais vous demander si vous avez des questions à poser à M. Kruger.

M. MARCQ. — Dans la figure 2 de la communication, nous voyons que pour un renouvellement d'air de quatre fois le volume de la classe par heure, on arriverait à une élévation de température de régime de l'ordre de 3° . Je suis assez surpris de la faible valeur de cette élévation parce que si je prends le volume indiqué pour la classe qui est de 200 m^3 , les quatre renouvellements correspondent à $800 \text{ m}^3/\text{h}$, et il y a quarante élèves dans la classe.

M. Kruger a dit également dans sa communication qu'il y aurait 400 kcal/h sensiblement, dégagées par élève, ce qui fait 2400 kcal/h pour les quarante élèves.

J'arrive à trouver alors une élévation de température plus forte si j'en pourrais, compte tenu des déperditions du local, être de l'ordre de 7° par grand froid et de 10° par temps doux au lieu de 3° .

M. KRUGER. — Il n'y a pas seulement la chaleur dégagée par les élèves qui intervient, mais aussi celle qui vient des murs et, d'une manière générale, de la construction.

M. LE PRÉSIDENT MISSENARD. — Est-ce une mesure expérimentale ou le résultat d'un calcul ?

M. KRUGER. — Ce n'est pas un résultat expérimental, c'est le résultat qui a été fait en tenant compte de tous les facteurs susceptibles d'intervenir, notamment la capacité calorifique des murs.

M. LE PRÉSIDENT MISSENARD. — M. KRUGER, à quelle hauteur avez-vous relevé la température que vous estimez désirable de 20° ?

M. KRUGER. — À $1,50 \text{ m}$.

M. LE PRÉSIDENT MISSENARD. — Quel est le débit horaire de ventilation désirable par enfant et par heure ?

M. KRUGER. — $20 \text{ m}^3/\text{h}$ par enfant.

M. LE PRÉSIDENT LE MEUR. — Dans une des figures illustrant votre conférence, on voit apparaître des panneaux rayonnants dans le vestibule (fig. 22). Est-ce qu'il s'agit là de la combinaison du chauffage par radiateurs dans les classes et par panneaux rayonnants au plafond du vestibule ? Ou est-ce que, dans ce cas, l'ensemble du chauffage est par panneau rayonnant ? Autrement dit, a-t-on voulu obtenir un chauffage très rapide au moment de la circulation des élèves dans l'interclasse ? c'est-à-dire en coupant le circuit de chauffage pendant toute la durée des classes, ou au contraire a-t-on dit que le circuit de chauffage de ces panneaux rayonnants doit être le même rythme que celui des classes voisines ?

M. KRUGER. — On a installé des panneaux dans le couloir et dans la salle de gymnastique.

M. LE PRÉSIDENT LE MEUR. — Je parlais d'une figure où le couloir donne sur les classes : par les vasistas ouverts on voit des plafonnements suspendus, on peut supposer qu'il y a, à gauche, des classes.

M. KRUGER. — Il y a des radiateurs dans les classes et des panneaux dans le couloir.

M. LE PRÉSIDENT LE MEUR. — Peut-on savoir sur quel régime fonctionnent ces deux installations voisines ?

M. LE PRÉSIDENT MISSENARD. — Le chauffage des couloirs est-il intermittent en fonction du seul passage dans les couloirs ?

M. KRUGER. — C'est un chauffage continu.

M. LE PRÉSIDENT LE MEUR. — Notre conférencier a également parlé du chauffage par rayonnement dans les salles d'éducation physique, dans les salles de gymnastique, et nous constatons sur les schémas et sur les photographies l'existence des panneaux de différents systèmes, panneaux qui se trouvent au plafond. Des essais ont-ils été faits en Allemagne sur le confort du chauffage par rayonnement dans ces salles d'éducation physique où l'on a toute une série d'appareils pour grimper ? Autrement dit, est-ce qu'il en est résulté certaines constatations quant au confort des élèves lorsqu'ils sont au sol, c'est-à-dire quand ils font de la gymnastique ou, au contraire, quand les exercices se font en élévation, soit sur des cordes à grimper, soit sur des portiques ? Il est certain que les sources de chaleur qui se trouvent très près du crâne des intéressés ne doivent pas donner les mêmes conditions de confort.

M. KRUGER. — Le chauffage par panneaux rayonnants qui est aménagé au plafond de certains gymnases a été conçu en fonction du confort à obtenir au niveau du sol, au niveau habituel, et il est exact qu'il y a des appareils sur lesquels on grimpe : des cordes, des portiques et autres, mais les élèves n'y restent pas très longtemps ; par conséquent ils n'éprouvent guère d'inconvénient.

M. ROBA. — Je voudrais me référer à la figure 23. Cette salle de classe est chauffée par rayonnement, par des bandes de panneaux rayonnants apparents au plafond. Trois bandes sont figurées : une dans l'axe et une sur chacun des deux côtés latéraux de la classe. Ces tubes sont apparents, et je voudrais connaître la température maximum nominale de ces panneaux.

M. KRUGER. — Il y a trois tubes avec une tôle de réfléchissement et la température maximum est de 45 à 50°C .

M. LE PRÉSIDENT MISSENARD. — Si vous faites le calcul de la température admissible pour les panneaux en bandes tels qu'ils sont figurés, vous serez étonné de la température importante admissible comparativement à celle admissible dans un panneau incorporé.

M. MACSKASY nous en parlera tout à l'heure. Il a fait les calculs en ce qui concerne les panneaux annulaires et on peut, pour une même surface, obtenir des émissions considérablement plus grandes qu'avec un panneau incorporé dans le plafond.

M. ROBA. — Je suis d'accord avec vous pour les panneaux annulaires mais ce qui me trouble ici c'est la bande qui se trouve dans l'axe médian du plafond.

M. KRUGER. — Plus la bande est étroite, plus la température est élevée.

M. LE PRÉSIDENT MISSENARD. — Si vous n'avez plus d'autres questions, il me reste à remercier une fois de plus et à féliciter M. Kruger.

Chauffage et ventilation des établissements scolaires

LE DÉVELOPPEMENT DU CHAUFFAGE ET DE LA VENTILATION DES CONSTRUCTIONS SCOLAIRES EN U. R. S. S.

par **I. F. LIVTCHAK**, Membre correspondant de l'Académie de Construction et d'Architecture de l'U. R. S. S.

M. le Président MISSENERD. — J'ai à vous présenter les excuses de M. Livtchak qui n'a pu venir à Paris pour ces Journées, et je tiens à vous dire combien je le regrette.

M. Livtchak, que vous connaissez bien puisqu'il nous a fait le plaisir de venir il y a deux ans, est Directeur adjoint de l'Institut de l'Équipement technique du Bâtiment auprès de l'Académie de Construction et d'Architecture de l'U.R.S.S.

Vous savez les importantes recherches scientifiques entreprises par ce grand pays. La communication de M. Livtchak fait en particulier mention d'une nouvelle réalisation de la pompe de chaleur basée sur les semi-conducteurs. Ce passage de sa communication est d'une haute importance scientifique et je comptais bien lui poser de nombreuses questions. Notre ami Cadiergues veut bien se charger de résumer cette conférence et il est probable que nous aurons à revenir sur cette question de l'emploi des semi-conducteurs. Peut-être même devrons-nous lui consacrer plusieurs heures, sinon une séance entière, aux prochaines Journées Internationales de Chauffage et de Ventilation.

On constate en U.R.S.S. un développement considérable dans la construction des immeubles scolaires qui s'explique par l'énorme progression de l'instruction publique.

Par exemple de 1913/1914 à 1950/1951 le nombre des élèves dans les écoles d'éducation générale a augmenté de 4,4 fois et est arrivé à 34,8 millions de personnes [1], ce qui dépasse les indices de tous les autres pays dans ce domaine, y compris les U.S.A.

Pour réaliser un développement aussi rapide de l'instruction publique, il a fallu construire d'une manière intense des immeubles scolaires, ceux, par exemple construits à Moscou en 1957, pouvaient recevoir 26 800 élèves. Dans les villes d'U.R.S.S., on construit le plus souvent des immeubles scolaires ayant jusqu'à trois étages et recevant 280 à 320, 520 à 600 et 920 à 1 040 élèves, les constructions supérieures à trois étages étant seules tolérées dans les fortes concentrations urbaines [2]. Dans ces écoles un nombre suffisant de locaux est prévu assurant la réalisation de l'enseignement dans toutes sortes de branches conformément aux projets et aux programmes établis pour un enseignement de dix ans dont sept obligatoires pour tous les garçons et jeunes filles. Outre les salles ordinaires d'études, sont prévus les laboratoires de physique, de chimie, de biologie, les salles de géographie, les salles de travail, les bibliothèques, une salle des sports et une salle où les élèves organisent leur activité sociale, les soirées scolaires, les réunions des parents etc...

La figure 1 donne le plan de l'étage type d'une école qui est considérée comme la construction la plus en usage durant ces dernières années. La salle de gymnastique dans ces écoles est située au rez-de-chaussée sous la salle de récréation et en avancée par rapport aux étages supérieurs. La salle de réunion est au dernier étage de la construction au centre de l'immeuble et au dessus des salles de récréation et d'études.

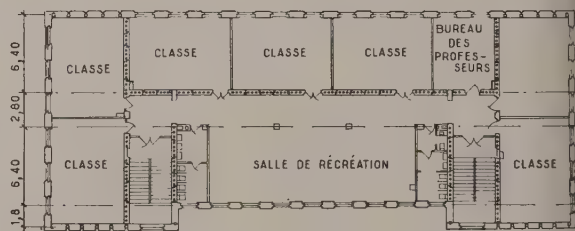


Fig. 1. — Plan-type de l'étage d'une école réalisée en éléments préfabriqués.

Comme on peut le voir sur ce plan, les salles d'études n'ont pas une ventilation directe, disposition rationnelle compte tenu des conditions climatiques souvent très dures sur la majeure partie du territoire de l'U.R.S.S. (Voir notre exposé aux Journées internationales du chauffage et de la ventilation, Paris 1957) [3]. La hauteur nette des locaux est environ de 3,3 — 3,6 m; la profondeur des salles d'étude de 4, 5 à 6,0 m; la surface prévue par élève dans les classes et laboratoires est de 1, 2 à 1,6 m². La plupart des écoles sont faites en briques, mais de plus en plus on utilise dans la construction des logements et des écoles des éléments préfabriqués, panneaux et blocs. Par exemple à Moscou, en 1958, les 28 immeubles scolaires ont été construits avec des éléments siliceux et des panneaux creux (fig. 2).

Les éléments formant les cloisons ou murs intérieurs sont prévus avec des vides verticaux cylindriques de 190 mm de diamètre. Ces vides (bien visibles sur la figure 1) servent de gaines d'air dans les systèmes de ventilation.



Fig. 2. — Chantier de construction scolaire réalisée en éléments préfabriqués.

RÉSUMÉ

Dans son exposé l'auteur donne des informations sur les établissements scolaires types, qui se construisent en grand nombre en U.R.S.S. équipés du chauffage central à eau chaude par radiateurs et d'un système de ventilation avec extraction.

Il faut noter qu'un système d'extraction, même combiné avec une aération, s'avère insuffisant pour assurer le taux de renouvellement d'air nécessaire; en conséquence, l'on est amené à réaliser un apport d'air frais dans les différents locaux par un système adéquat.

Cependant, pour des raisons économiques, les systèmes de ventilation courants n'ont pas trouvé ici leur application.

Pour cette raison, des méthodes nouvelles sont actuellement mises au point pour assurer une alimentation convenable et plus économique des salles de classes en air frais.

Parmi celles-ci on trouve la solution des batteries d'électro-ventilateurs silencieux, placés dans les parois latérales des locaux, munis de bouches de soufflage à lamelles spéciales en forme de visière, soufflant l'air neuf à la surface du plafond sans préchauffage.

Une autre solution réside dans la centralisation et la combinaison du chauffage par air chaud et de la ventilation par soufflage et extraction.

Dans le domaine des constructions scolaires, l'auteur souligne les avantages du chauffage par panneaux d'allège et planchers chauffants dans les couloirs.

Compte tenu des conditions climatiques sur la majeure partie du territoire de l'U.R.S.S. et des vacances scolaires en été, les questions du rafraîchissement de l'air ne se posent d'une façon impérative que dans les régions du sud du pays.

Dans ces régions, il est indispensable d'employer les conditionneurs.

Parmi ceux qui sont actuellement à l'étude il faut citer un conditionneur d'un type nouveau très intéressant, fonctionnant sur le principe des pompes à chaleur et utilisant les semi-conducteurs.

SUMMARY

This article provides information on heating systems in typical school buildings constructed on a large scale in the U.R.S.S. with warm water central heating by radiators and an exhaust ventilation system.

It should be noted that exhaust ventilation, even when a fresh air intake is provided, cannot ensure the required air changes and that consequently a suitable system for forced air distribution to the various areas in question becomes necessary.

For reasons of economy, however, standard ventilating systems have not been utilized in these cases.

New methods are accordingly being developed at the present time in order to provide a suitable and economical supply of fresh air for class rooms.

These new methods include a system consisting of a series of noiseless electric fans set in the walls of the rooms and provided with a specially designed baffle directing the fresh air toward the ceiling surface without preheating.

Another solution is found by centralizing and combining warm air heating and forced supply and exhaust ventilation.

The author emphasizes the advantages of heating schools by radiant panels placed beneath windows and under the floors of corridors.

Climatic conditions in most parts of the U.R.S.S. and the existence of the summer vacations make the question of air cooling critical in only the southern part of the country.

In these regions, air conditioning is indispensable.

Among the air conditioning systems being studied at the present time, a new and interesting type may be mentioned. It is based on the principle of heat pumps and makes use of semi-conductors.

16° C; salles de sports : 15° C; bureaux des professeurs, directeur, bureaux d'administration, salle de réunion : 18° C; cabinet médical : 20° C; blocs sanitaires : 18° C; vestibules et vestiaires : 16° C.

Le chauffage des constructions scolaires est exécuté d'après les schémas des systèmes de circulation à un ou deux tuyaux [3], les températures de départ et de retour de l'eau étant respectivement de 95 et 70° C. Le système des gaines de ventilation est prévu pour les taux de renouvellement d'air suivant :

classes, amphithéâtres	1 — 1,5 vol/h
laboratoires de chimie	3 vol/h
locaux des sciences naturelles (possédant un coin « vivant »)	3 vol/h
autres laboratoires	1 vol/h
salle des sports	3 vol/h
bibliothèques — dépôt de livres	0,5 vol/h
bureaux des professeurs	1 vol/h
cabinet médical	1 vol/h
bureaux d'administration	0,5 vol/h
cantine — réfectoires	1,5 vol/h
locaux de toilette	5 vol/h
salles des lavabos	1 vol/h
salle des douches	1,5 vol/h
vestiaire de la salle des douches	1,5 vol/h
vestibules et vestiaires	2 vol/h

Dans les laboratoires de chimie les sorbonnes sont obligatoires.

Toutes les fenêtres dans les classes, amphithéâtres et salles de travail, salles d'études sont pourvues de châssis ouvrants qui servent au moment des repos entre les cours au rafraîchissement des locaux.

L'air frais qui passe par les interstices des fenêtres et des portes est réchauffé en grande partie par les calories dégagées par les occupants.

Pour assurer les taux de renouvellement horaires, la ventilation des locaux est faite par plusieurs systèmes d'extraction d'air, soit mécanique soit à tirage naturel, mais il y a lieu de noter comme une règle, que les blocs sanitaires et les sorbonnes dans les laboratoires de chimie sont aérés par des systèmes particuliers de ventilation mécanique. Les aspirateurs statiques sont placés dans les combles et les grilles d'aspiration au plafond de la pièce aérée. Il faut remarquer qu'un seul système de ventilation à tirage ne suffit pas pour assurer le renouvellement optimum de l'air dans les classes, 1 à 1, 5 vol/h volume d'air étant insuffisant pour éliminer les produits viciés tels que : odeurs, anhydride carbonique, humidité, etc... Sans démonstration, il nous suffira de faire un calcul sur l'anhydride carbonique dont le dégagement par personne est proportionnel à la quantité de toutes autres matières viciées. Prenons la production moyenne d'anhydride carbonique par élève $U = 20$ g/h, la proportion maximum tolérée dans les locaux d'études étant de $y = 1,75$ g/kg, la concentration d'anhydride carbonique dans l'air extérieur $y_0 = 0,75$ g/kg. En ce cas la totalité d'air de ventilation, nécessaire par élève est

$$L = \frac{20}{1,75 - 0,75} = 20 \text{ kg/h ou } (20/1,22) = 18,5 \text{ m}^3/\text{h}$$

où 1,22 est le poids du mètre cube d'air à 16° C.

Pour les adultes le minimum d'air frais prescrit par les règlements de salubrité est par personne égal à 20 m³/h. Au lieu de cela, avec une fois et demie de volume échangé, 1,5 m² de la surface par élève dans la classe, dont la hauteur est 3,6 m, la quantité de l'air à échanger par élève ne donne que :

$$L = 1,5 \times 3,6 \times 1,5 = 8,1 \text{ m}^3/\text{h}$$

ce qui est 2,3 fois moindre que la quantité nécessaire.

La différence obtenue entre l'air frais nécessaire et l'air neuf amené par les conduits de ventilation est composée en partie par l'aération temporaire des classes par l'ouverture des fenêtres au moment des interruptions entre les cours. Mais ce n'est pas suffisant et on a été obligé d'accepter cela pour ne pas compliquer le système de ventilation. Pour améliorer la ventilation des écoles et ne pas compliquer fondamentalement le système d'aération, on a commencé en U. R. S. S. la construction d'écoles avec un système de ventilation à régime variable. Le principe de fonctionnement de ce système de ventilation est le suivant : tous les éléments de ventilation à tirage naturel dans les locaux d'études, salles, amphithéâtres, laboratoires etc... sont munis de ventilateurs marchant exclusivement pendant les récréations entre deux cours avec ouverture simultanée des châssis ouvrants pour améliorer le chauffage des locaux par une batterie. On calcule ces ventilateurs et éléments supplémentaires, pour un renouvellement d'air égal à six. Pendant les cours ces ventilateurs sont arrêtés et la ventilation fonctionne de façon naturelle pour réaliser l'échange de 1,5 volume d'air.

L'arrivée d'air neuf pendant les cours dans les classes est assurée par les grilles spéciales, montées dans les murs des salles de récréations dont les fenêtres sont ouvertes pendant les cours. De cette façon l'air froid se réchauffe en passant par les locaux de récréation et il est ensuite conduit dans les salles d'études et de là, il est extrait par le système de ventilation entraînant les odeurs et l'air vicié. Des éléments chauffants supplémentaires se trouvent dans ces locaux de récréation pour réchauffer l'air extérieur. Pendant les récréations on ferme les fenêtres dans les salles de récréation et on les ouvre dans les classes en branchant en même temps des ventilateurs supplémentaires dans les locaux en question.

Les systèmes de ventilation décrits ci-dessus qui marchent en régime variable réalisent un peu mieux le renouvellement d'air dans les salles d'études. Mais en tous cas, on ne peut pas considérer ce système comme satisfaisant. Pour confirmer cette constatation nous allons analyser les variations de la concentration d'anhydride carbonique d'une classe dans le cas d'un régime alternatif, notamment pendant les cours (45 mn) — 1,5 vol/h, et pendant la récréation (10 mn) — 6,0 vol/h.

On peut faire cette analyse d'après la formule, résolvant l'équation différentielle fondamentale d'échange d'air [4].

$$y_2 = \left(y_0 + \frac{U}{L} \right) (1 - e^{-kt}) + y_1 e^{-kt} \text{ g/m}^3$$

où :

y_2 = concentration de produits nuisibles qui se trouvent dans l'air, à la fin du processus étudié (g/m³);

y_0 = concentration de produits nuisibles dans l'air neuf introduit et mélangé, dans notre cas 0,75 g/kg ou 0,65 g/m³;

y_1 = concentration primaire de produits nuisibles (g/m³);

U = quantité de produits nuisibles dégagés, dans notre cas 20 g/h;

L = quantité d'air neuf de ventilation, pendant les cours 8,1 m³/h, et pendant la récréation $1,5 \times 3,6 \times 6 = 32 \text{ m}^3/\text{h}$;

k = taux de renouvellement de l'air pendant les cours — 1,5 vol/h, et pendant la récréation 6 vol/h;

t = intervalle du temps envisagé en heures;

e = base des logarithmes Népériens.

La figure 3 donne le graphique de la variation de la concentration d'anhydride carbonique obtenu d'après la formule précédente, et pour une durée de cours de six heures dans les classes. Sur ce diagramme on peut voir que, malgré l'augmentation du renouvellement de l'air pendant les récréations,

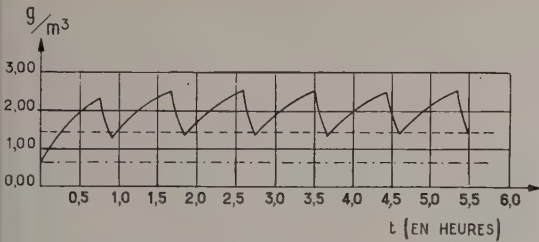


Fig. 3. — Diagramme de variation de la concentration de l'anhydride carbonique dans une salle de classe pendant le fonctionnement en régime variable.
 — Quantité moyenne d'anhydride carbonique dans la classe.
 - - - - - Quantité maximum d'anhydride carbonique tolérée dans la classe.
 — Concentration de CO_2 dans l'air extérieur.

La concentration des matières viciées dépasse considérablement la quantité tolérée. Le graphique de la figure 3 donne la concentration en anhydride carbonique prise, comme indice de la concentration des produits nocifs (par exemple la mauvaise odeur) qui accompagnent l'activité biologique des organismes vivants.

Il est nécessaire de souligner que dans les conditions réelles d'exploitation des écoles équipées de systèmes de ventilation en régime alternatif, le renouvellement d'air dans les classes n'est encore moins bon que celui représenté sur la figure 3; en effet, le professeur et les élèves restent souvent dans les classes même après les leçons ce qui raccourcit le temps de ventilation de la salle. Aussi, dans le cas de températures basses de -8 à -10°C , l'aération intensive avec un échange d'air de six fois par heure, pour refroidir les salles, et les élèves se plaignent au début des cours d'une sensation de froid. Après cette analyse, malgré les tentatives d'emploi d'installations de ventilation alternative et relativement simple, on est arrivé à la conclusion qu'il était nécessaire d'équiper les constructions scolaires d'une ventilation poussée, en tenant compte des conditions climatiques de la majeure partie du territoire de l'U. R. S. S.

Cependant, cette solution-type, de ventilation simple et alternative, n'a pas trouvé une application régulière dans les constructions scolaires réalisées et n'a pas obtenu gain de cause chez les utilisateurs pour des raisons économiques (particulièrement à cause des frais de main d'œuvre nécessaire pour l'exploitation et l'entretien). En ce moment des travaux expérimentaux sur des solutions nouvelles sont en cours.

Une de ces solutions consiste à équiper les locaux par des batteries pour l'alimentation décentralisée en air neuf sans réchauffage de ces mêmes pièces (fig. 4).

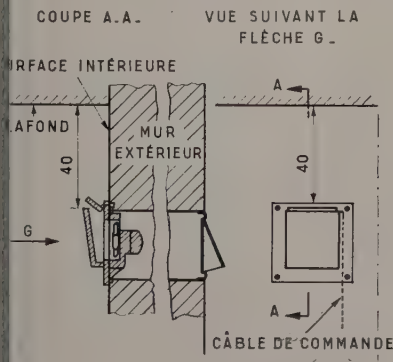


Fig. 4. — Blocs ventilateurs de classe.

◀ Schéma d'installation.

Réalisation dans une classe derrière un tableau. ▶

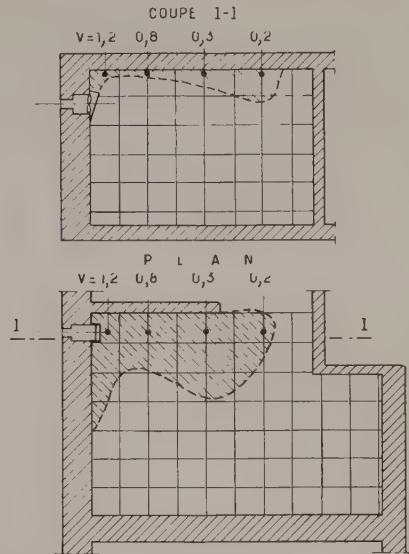


Fig. 5. — Répartition des températures d'inconfort et vitesses de l'air dans une pièce pendant le fonctionnement d'une batterie soufflant l'air extérieur sans préchauffage.

Le but de cette batterie composée d'un ventilateur et d'un moteur électrique relié au secteur, est de pulser l'air frais par une bouche de soufflage spéciale, directement au plafond. De ce fait le filet d'air ne tombe pas immédiatement sous l'effet de la pesanteur, mais adhère à la surface du plafond, ne provoquant pas une augmentation de la vitesse de l'air et une baisse de température de l'air dans la zone d'activité humaine.

La figure 5 donne la répartition des températures inconfortables et les vitesses du mouvement de l'air dans le local sous le régime de $120 \text{ m}^3/\text{h}$ d'air frais, la température extérieure étant de -11°C .

On voit sur ces diagrammes (fig. 5), obtenus à partir d'expériences réalisées dans des conditions réelles dans une pièce de 20 m^2 de surface et de $2,8 \text{ m}$ de hauteur, que les caractéristiques de l'air dans la zone d'activité humaine ne dépassent



pas les limites de confort exigé. Les mêmes résultats satisfaisants étaient obtenus dans une salle de classe avec un débit d'air de 600 m³/h à l'aide de deux ventilateurs axiaux, de 280 mm de diamètre représentés sur la photographie (fig. 4). L'installation de ce système est possible dans le cas où la somme des différents apports de chaleur et des corps de chauffe est égale aux déperditions calorifiques du local plus le réchauffage de l'air frais soufflé. C'est pourquoi l'installation de batteries de soufflage d'air neuf nécessite une surpuissance de chauffe quand la température extérieure dépasse la température de base, le refroidissement causé par l'air extérieur étant supérieur aux apports calorifiques des occupants et du réchauffement dû à l'insolation dans le cas où cette dernière existe.

Pour éviter les condensations sur les parois froides de la batterie, dans l'humidité intérieure, il est nécessaire que ces dernières aient une résistance thermique convenable. La batterie doit également être silencieuse en marche. On constate que toutes ces difficultés peuvent être surmontées dans le cas de batteries dont le débit est de 400 à 500 m³/h d'air neuf. Il suffit, alors, de monter une batterie dans chaque pièce pour assurer l'alimentation en air neuf nécessaire aux salles d'études (amphithéâtres, laboratoires, etc...)

Dans le cas d'alimentation des locaux en air neuf, l'extraction de l'air vicié par tirage naturel par les conduits prévus pour l'extraction mécanique est assez satisfaisante.

Dans la construction des immeubles scolaires, les avantages du système décentralisé de renouvellement de l'air, sur l'installation centralisée de la ventilation, sont les suivants :

1° le processus d'alimentation directe en air extérieur qui ne passe pas par les gaines de distribution et qui ne subit aucun réchauffage, conserve sa composition et ses propriétés d'origine ;

2° la consommation d'énergie électrique, nécessaire à la marche de la ventilation et l'alimentation des locaux en air neuf est réduite au minimum, car on évite les pertes dues au frottement de l'air dans les conduits de distribution ;

3° le système est très simple, l'enclenchement et le déclenchement sont opérés par les utilisateurs eux-mêmes, comme pour l'utilisation d'éclairage ;

4° le système est très souple du point de vue de l'exploitation, car l'on peut arrêter la ventilation de certaines pièces, sans gêner le renouvellement de l'air des autres, réduisant les frais d'autant.

Les inconvénients du système décentralisé sont les suivants : nombre élevé de batteries et nécessité d'augmenter la surface des corps de chauffe, d'autant plus que le réchauffage de l'air ne dépend pas de la température extérieure, comme dans le cas des systèmes centralisés, mais de la température intérieure de la pièce.

En opposant les avantages aux inconvénients et en tenant compte des succès obtenus ces derniers temps dans la technique de construction des ventilateurs, on peut affirmer que les inconvénients constatés pour le développement d'un tel système de ventilation décentralisé sans préchauffage d'air par batteries de soufflage ne sont pas décisifs.

Une autre voie dans le perfectionnement de la ventilation des constructions scolaires consiste dans l'élaboration d'un système centralisé de ventilation soufflage-extraction, combiné avec le chauffage par air chaud.

Dans ce système, la quantité d'air renouvelé est déterminée d'après les normes sanitaires : 18 à 20 m³/h, par personne et la température de l'air neuf soufflé dépend de la compensation entre le refroidissement d'une pièce avec les déperditions minima et les différents apports de chaleur.

La température maximum de l'air neuf, soufflé dans les locaux, est d'après les calculs de 30 à 35° C.

L'air neuf à cette même température, déterminée par les conditions de ventilation et de compensation des déperditions, est pulsé dans la salle des sports et dans les locaux de récréation, d'où il est extrait après refroidissement et amené dans les blocs sanitaires.

Les locaux exigeant une forte ventilation : tels que les cabinets de toilette, les salles des lavabos, ainsi que les pièces à faible renouvellement d'air, par exemple les bibliothèques, dépôts de livres sont équipés seulement d'un système d'extraction, et n'ont pas d'éléments de soufflage direct d'air. Ces locaux sont chauffés par des corps de chauffe raccordés au réseau d'eau chaude, auquel sont branchés les aérothermes ou batteries de chauffe combinant la ventilation et le chauffage par air chaud.

La totalité des locaux dans lesquels on est obligé d'installer des corps de chauffe, ne dépasse pas comme il est prescrit, dans les constructions scolaires, 10 à 15 % du volume total de l'immeuble.

Les facteurs techniques et économiques indiquent que l'installation de ces éléments particuliers de chauffage dans un nombre réduit de locaux, n'a pas une importance essentielle, d'autant plus qu'il suffit d'installer deux ou trois colonnes seulement pour alimenter ces locaux.

Ainsi le système fondamental de chauffage et de ventilation comprend : une ou deux cellules d'épuration de réchauffage et de traitement de l'air, la distribution générale de l'air par des conduits dans lesquels les ventilateurs pulsent l'air chaud, et le distribuent dans les différents locaux par des dérivations. La ventilation, sauf dans les blocs sanitaires, est à extraction naturelle, les aspirateurs statiques étant placés dans les combles. Les vides dans les blocs préfabriqués où les conduits spéciaux incorporés servent de conduits de distribution pour les locaux ventilés, à partir de la distribution générale, située au sous-sol. Ils sont également utilisés comme conduits d'extraction d'air vicié jusqu'aux aspirateurs statiques.

L'équilibrage du système est réalisé au moyen de diaphragmes placés à la jonction des conduits verticaux à la gaine de distribution générale. Cette dernière est construite de manière à permettre le montage, l'entretien et le remplacement des diaphragmes. Le système direct-ouvert, c'est-à-dire sans reprise d'air, ne fonctionne que pendant les cours, après lesquels on peut l'arrêter, et par conséquent la température tombe dans les classes. Pour élever rapidement celle-ci avant le commencement des cours on laisse le système fonctionner en cycle fermé, c'est-à-dire, avec reprise d'air. Dans ce cas l'air est puisé dans les cages d'escalier, réchauffé dans les batteries de chauffe à une température plus élevée que dans le cas de puisage d'air extérieur, après quoi on le souffle dans les classes. Cet air passe des classes dans les couloirs, les salles de récréation et enfin les cages d'escalier, d'où on l'aspire à nouveau dans les batteries. Le fait de pouvoir abaisser la température dans l'immeuble dans les périodes où il n'y a pas de cours (16 — 17 heures par jour) permet de réaliser une économie de calories.

D'autre part la comparaison de l'application de la ventilation par soufflage et extraction, combinée avec le chauffage par air chaud dans les écoles, au système de chauffage par radiateurs et ventilation par extraction montre une amélioration satisfaisante de l'ambiance dans les classes, permettant en même temps une économie des dispositifs et matériaux métalliques, utilisés pour l'installation du chauffage et de la ventilation des immeubles. Le système de chauffage par air chaud conjugué avec la ventilation par soufflage et extraction est plus commode pour la construction industrialisée et peut être mis en marche au moment de la construction de l'immeuble en hiver.

Il faut noter que ce système n'a pas été encore expérimenté dans les constructions scolaires, mais il n'y a pas lieu de douter de ses grandes qualités techniques et économiques en particulier de sa robustesse et de sa sécurité de fonctionnement.



Fig. 6. — Immeuble d'habitation expérimental équipé

d'un système de chauffage par air chaud conjugué avec une ventilation par soufflage et extraction.

ant donné que ce système a été éprouvé dans un immeuble habitations comportant un grand nombre d'étages dans des conditions nettement plus défavorables que dans celles des constructions scolaires.

La description de ce système, installé dans un immeuble d'habitation, avait été faite aux Journées internationales de chauffage en 1957 à Paris [3]. La différence avec les constructions scolaires réside dans le fait que pour les immeubles d'habitation il n'y a pas de reprise d'air. De plus, l'air est porté à des températures plus élevées (80 à 90° C au maximum) avant d'être envoyé dans les pièces d'habitation. Par les terstices situés autour des portes l'air passe dans la cuisine et les blocs sanitaires d'où il est extrait par ventilation naturelle. Nous ne pouvions pas alors fournir les résultats des essais en

ce qui concerne le fonctionnement et l'exploitation du système, l'immeuble étant à cette époque en cours de construction. Actuellement (fig. 6 et 7) cette maison d'habitation abritant mille personnes, est dans sa deuxième saison de chauffage et les résultats d'exploitation, ainsi que les expériences effectuées dans les conditions réelles, ont montré de très hauts indices de qualité technique et économique. On a constaté que tous les cinq systèmes de distribution (quatre gaines dans les ailes à ventilation naturelle, et une au milieu de l'immeuble à extraction mécanique) réalisent les températures prévues par le projet, dans toutes les pièces avec les différentes températures extérieures, ces observations étant faites sur une période de deux ans. On a également constaté que ni le vent ni les froids intenses, constants et durables n'avaient provoqué de changements appréciables dans les températures intérieures. On peut voir sur la figure 8, le diagramme hebdomadaire des variations des paramètres de l'air dans un appartement de l'immeuble expérimental et sur la figure 9 les courbes de température d'air intérieur et des parois dans une pièce.

Comme on l'avait noté plus haut, dans le cas des constructions scolaires, équipées d'une installation de chauffage par air chaud conjugué à une ventilation par soufflage et extraction, la température maximum d'air ne dépasse pas 35° C et la quantité d'air amenée dans les classes est nettement plus grande que la quantité d'air amenée dans les pièces d'habitation. Ces faits simplifient beaucoup les problèmes de calcul du système, et du point de vue exploitation garantissent une stabilité plus grande. Il y a lieu de supposer que l'installation de chauffage par air chaud combinée à la ventilation par soufflage et extraction, qui a trouvé sa place dans les constructions d'habitation, trouvera une application encore plus grande dans les constructions scolaires, d'autant plus qu'elle a pour conséquence de diminuer le poids total de l'immeuble. Il est nécessaire de tenir compte du fait que les systèmes centralisés permettent l'application de diverses méthodes de traitement de l'air, améliorant ses caractéristiques utilitaires, par exemple stérilisation, ionisation, etc...

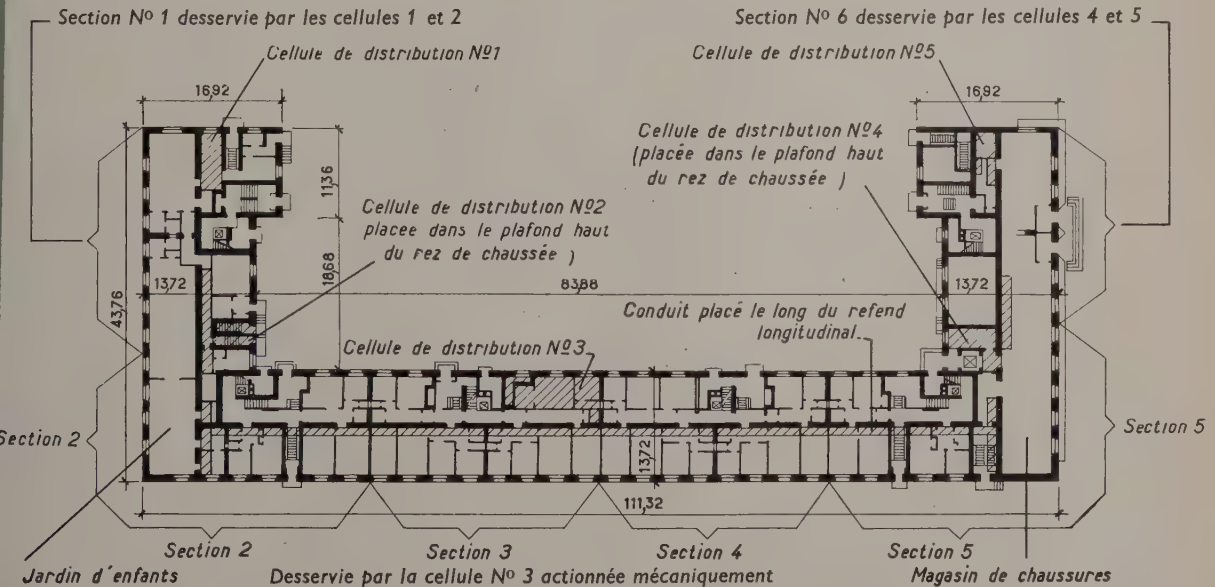
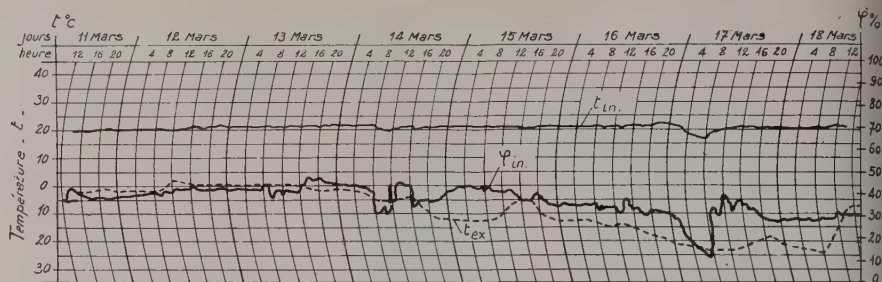


Fig. 7. — Plan du premier étage de la construction expérimentale représentée sur la figure 6.

Fig. 8. — Diagramme de variation des paramètres de l'air dans un appartement de l'immeuble expérimental, représenté figure 6.



Parallèlement avec le perfectionnement de la ventilation des constructions scolaires, on étudie en U. R. S. S. des systèmes de chauffage offrant des qualités de salubrité et d'hygiène supérieures à celles du chauffage par radiateurs. Au nombre de ces systèmes se trouve l'étude du chauffage par rayonnement très développé en France, en particulier les panneaux rayonnants à air chaud incorporés dans les planchers ainsi que le chauffage par panneaux verticaux de béton enrobant les serpentins parcourus par l'eau chaude pulsée, placés dans les murs extérieurs et sous les fenêtres. La description de ce dernier système du chauffage se trouve dans notre exposé aux Journées internationales de chauffage, ventilation et conditionnement d'air à Paris, en 1957 [3]. Ce système trouvera probablement de nombreuses applications. En effet cette dernière disposition permet l'emploi de très hautes températures sur leurs surfaces d'émission. Les températures des surfaces des plafonds et des planchers sont rigoureusement limitées : dans le cas des plafonds par l'intensité du rayonnement sur les têtes et dans le cas des planchers par le contact direct des pieds avec le plancher chaud.

La disposition des panneaux de chauffage dans la partie basse du mur extérieur diminue le facteur de forme. L'intensité du rayonnement des panneaux d'allège sur les têtes est plus faible, les rayons passant sous un angle rasant.

De plus les parties du corps humain exposées aux panneaux radiants le sont également aux surfaces extérieures froides

telles les fenêtres qui pour leur part émettent un rayonnement négatif.

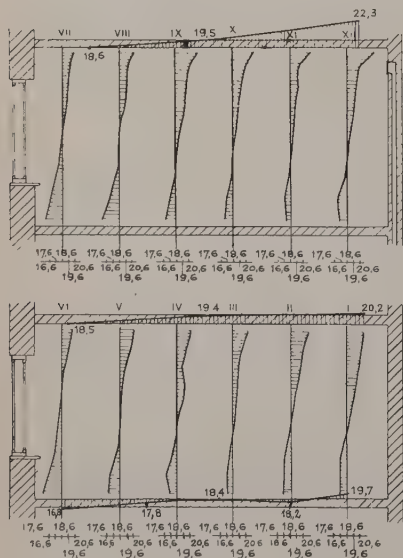
Cette combinaison du rayonnement en même temps positif et négatif réalise les conditions les plus favorables au point de vue confort.

Il est intéressant de remarquer que la baisse de la température extérieure entraînant l'augmentation de la radiation négative provoque en même temps l'augmentation de la radiation positive, c'est-à-dire que pendant les périodes de températures basses à l'extérieur on augmente la température de l'eau chaude dans le système du chauffage et par conséquent la température de la surface des panneaux.

Après l'exposé de ces réflexions, nous considérons qu'on peut maintenir une température de 70 à 75° C sur la surface des panneaux d'allège, ce qui permet une capacité calorifique d'émission de 600 à 700 kcal/h par mètre carré.

La surface d'allège (de 80 cm de hauteur) est suffisamment grande pour y loger des panneaux rayonnants y compris les locaux comportant des surfaces de déperditions supplémentaires (plafond ou plancher).

Ainsi pour une classe de 45 m² de surface, située au dernier étage, dont les murs extérieurs ont une surface de 27 m² et les fenêtres de 14 m², les déperditions calorifiques sont dans les conditions climatiques de la région moscovite de 2 900 kcal/h. Les panneaux d'allège peuvent fournir 650 kcal/m², 3 900 kcal/h.



	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	17,1	17,4	17,6	17,2	16,6	15,3	15,4	15,4	16,7	17,1	17,6	17,1
2	17,2	17,6	17,6	16,8	16,7	16,3	16,5	16,5	17,1	17,2	17,6	17,2
3	17,2	17,7	18,0	17,8	17,8	17,1	17,1	17,3	18,1	18,0	18,3	18,0
4	18,2	18,4	18,4	18,4	17,6	17,8	18,4	18,8	18,8	18,3	18,4	18,6
5	18,7	18,9	18,6	18,6	18,4	18,2	18,3	18,7	19,2	19,0	18,9	18,8
6	19,3	19,3	19,2	19,0	18,8	18,6	18,6	18,8	19,6	19,5	19,3	19,5
7	19,9	19,9	19,5	19,0	19,2	18,8	19,3	19,6	20,1	19,9	19,6	19,9
8	20,4	20,4	19,9	19,6	19,6	19,2	19,9	19,9	20,5	20,1	20,4	20,4
9	20,8	20,8	20,5	20,4	20,7	19,9	20,1	20,3	20,7	20,7	20,6	20,2
10	21,2	22,0	21,7	21,3	21,2	20,4	21,0	21,3	22,4	22,6	23,1	24,6
Δt	4,1	4,6	4,1	4,1	4,6	5,1	5,6	5,9	5,7	5,5	5,5	7,5
Δt	1,32	1,38	1,32	1,32	1,38	1,84	1,80	1,90	1,84	1,78	1,78	2,42

Fig. 9. — Diagramme des températures d'air dans un local et sur les surfaces intérieures de ce local, dans le cas d'une température extérieure de -17,7 °C et d'une température d'air pulsé de 42,4 °C.

- 1) chambre N° 4 au troisième étage,
- 2) température d'air extérieur $t_{ex} = -17,7$ °C,
- 3) température d'air derrière le calorifère $t_0 = +73,8$ °C,
- 4) température d'air à la sortie du conduit $t_s = 42,4$ °C,
- 5) température moyenne de l'air dans la pièce $t_{in} = 18,6$ °C.

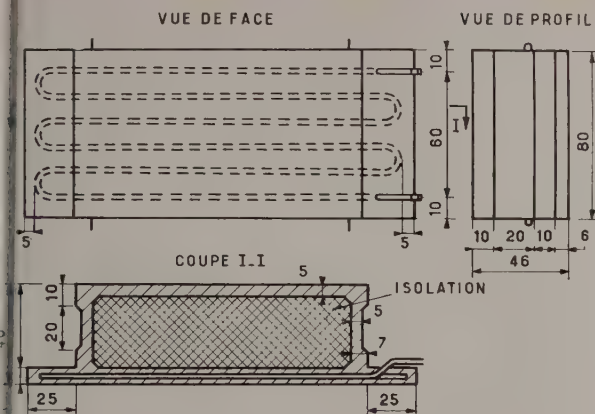


Fig. 10. — Élément de panneau chauffant.

On voit aussi que la question des limites de température admissibles pour la surface des panneaux rayonnants verticaux est encore à l'étude. Pour éviter les déperditions importantes dues à l'emplacement des panneaux à la partie basse des murs extérieurs il faut prévoir une isolation thermique, ce qui ne présente pas aujourd'hui, avec des matériaux d'isolation de très haute qualité, un problème difficile car l'épaisseur des couches isolantes peut être très petite. L'épaisseur de la couche d'isolation peut être variable : plus forte dans la partie directement sous la fenêtre où la maçonnerie est moins importante, et moins forte au droit du mur porteur. La figure 10 représente un panneau chauffant utilisé dans la construction d'un immeuble en éléments préfabriqués, formant un panneau complet avec des blocs porteurs. Ce bloc panneau est monté au cours de l'exécution du gros œuvre suivant les principes exposés ci-dessus, c'est-à-dire que le panneau contenant les serpentins est logé sous la fenêtre sur toute l'épaisseur du mur (non porteur). Dans les parties porteuses l'isolation thermique est réduite au minimum. Les déperditions thermiques de la partie arrière du panneau-bloc sont très faibles dans la région sous la fenêtre et augmentent en s'approchant du mur porteur ; en moyenne elles ne doivent pas dépasser celles des murs sans panneaux.

Que ce soit dans la construction en éléments préfabriqués ou en briques on peut toujours appliquer, pour le chauffage des immeubles scolaires, la solution des panneaux chauffants, ce procédé a été exposé dans notre communication aux Journées de chauffage et de ventilation en 1957 [3].

Dans cette solution, les halls d'entrée sont chauffés par des serpentins enrobés dans le plancher dans lesquels l'eau chaude circule à des températures plus basses, par exemple en utilisant l'eau à la sortie des panneaux.

Dans l'analyse des solutions envisagées ci-dessus pour le chauffage et la ventilation des constructions scolaires, nous ne nous sommes pas occupés des questions de refroidissement de l'air, étant donné que sur la majeure partie du territoire de l'U. R. S. S., les écoles sont fermées en été, il n'existe pas de besoin aigu de rafraîchissement de l'air, c'est le cas par exemple dans des villes comme Moscou, Leningrad, Minsk et beaucoup d'autres. Cependant il y a des régions dans lesquelles aux mois de mai, juin et septembre la nécessité du conditionnement de l'air est justifiée, par exemple à Poti. Sur la figure 11 le graphique montre les températures mensuelles dans certaines villes de l'U. R. S. S. [5]. Les villes ayant un climat chaud ont par exemple : Bakou, Tachkent, Alma-Ata, etc... Dans ces conditions climatiques il est indispensable de recourir aux

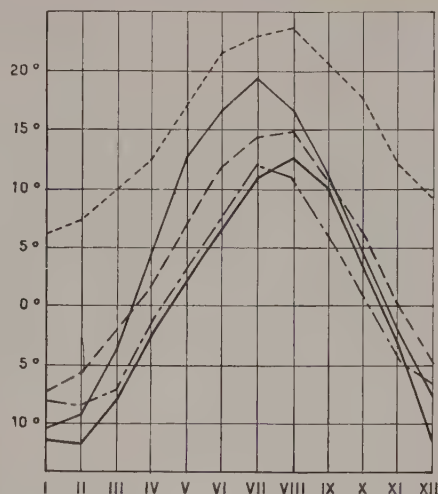


Fig. 11. — Diagramme des variations de température mois par mois dans certaines villes de l'U.R.S.S.

— Moscou — Premier type
 - - - Teriberka
 — Goudaoure
 - - - Poti
 — Petropavlovsk (Kamchatka) } Deuxième type

conditionneurs ; parmi ceux à l'étude le conditionneur à semi-conducteurs [6] présente un grand intérêt.

Dans ce domaine, on est arrivé en U. R. S. S. à des résultats très satisfaisants dans la réalisation pratique (travaux collectifs de l'Institut de la Recherche Scientifique, de la Technique Sanitaire de l'Académie de Construction et d'Architecture de l'U. R. S. S. et de l'Institut des Semi-conducteurs de l'Académie des Sciences de l'U. R. S. S.) de batteries de chauffage et de refroidissement (conditionneurs) fonctionnant comme une pompe de chaleur et dans lesquelles les machines frigorifiques (compresseurs condenseurs et évaporateurs) sont remplacées par des éléments semi-conducteurs. Le principe de fonctionnement de cette batterie est basé sur l'effet Peltier découvert en 1834 : un courant continu dans un circuit constitué par deux conducteurs différents, produit à l'endroit de leur contact un dégagement ou une absorption de chaleur. Les contacts qui provoquent un dégagement de chaleur sont nommés les soudures chaudes et ceux qui absorbent la chaleur les soudures froides.

De cette façon, si en hiver les soudures chaudes sont à l'intérieur du local, et les soudures froides à l'extérieur, on peut chauffer l'intérieur au moyen du refroidissement de l'air extérieur ; si en été les soudures chaudes sont à l'extérieur et les soudures froides à l'intérieur on arrive à rafraîchir la pièce grâce au chauffage de l'air extérieur.

Dans ce cas, en accord avec la loi de conservation de l'énergie nous trouvons la relation suivante :

$$Q_c = Q_f + Q_e; (Q_c/Q_e) = K_e = (Q_f/Q_e) + 1 = K_f + 1$$

où :

Q_c = quantité de chaleur dégagée par la soudure chaude en kcal/h ;

Q_f = quantité de chaleur absorbée par la soudure froide en kcal/h ;

Q_e = quantité de chaleur, correspondant à la consommation d'énergie électrique en kcal/h.

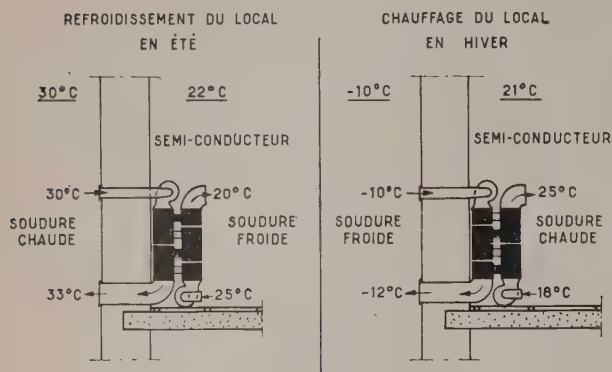


Fig. 12. — Schéma de fonctionnement d'un conditionneur à semi-conducteurs.

Le rapport (Q_c/Q_e) est appelé le coefficient chaud K_c et le rapport (Q_f/Q_e) le coefficient froid K_f .

Le coefficient chaud K_c , pour une différence de température de 8° C peut arriver théoriquement (conducteurs idéaux) à 30, c'est-à-dire, que pour une dépense électrique équivalente à 100 kcal/h, il se dégage 3 000 kcal/h sur les soudures chaudes. En réalité, à cause du passage de chaleur de la soudure chaude à la soudure froide (par conduction thermique), dans l'état actuel de la réalisation des semi-conducteurs on a réellement obtenu le coefficient $K_c = 4$ pour une différence de température de $\Delta t = 8^\circ \text{C}$.

Sur la figure 12, est représenté le schéma de chauffage et de rafraîchissement par échangeur à semi-conducteur, utilisé soit comme source de chaleur, soit comme source de refroidissement de l'air ambiant.

Sur la figure 12, on voit une telle batterie utilisant l'air comme fluide moteur, formée de deux ventilateurs et de deux échangeurs pour le chauffage et le rafraîchissement de l'air. L'échangeur chauffant l'air absorbe la chaleur de la soudure chaude des semi-conducteurs et l'échangeur refroidissant l'air amène la chaleur à la soudure froide.

En hiver (fig. 12) la batterie fonctionne de la façon suivante : l'air froid extérieur ou le mélange air de reprise air neuf, est aspiré à l'aide du ventilateur et après avoir passé dans l'échangeur est rejeté à l'extérieur. Dans l'échangeur l'air se refroidit sur les soudures froides de 1 à 2° C. L'air intérieur du local passe par le tuyau d'aspiration à l'aide du ventilateur et après avoir passé dans l'échangeur sur les soudures chaudes des semi-conducteurs, il est de nouveau soufflé dans la pièce. En passant sur les soudures chaudes l'air se réchauffe de 4 à 7° C. En été, la batterie fonctionne suivant un cycle inverse (fig. 12 a). Il suffit d'inverser le sens du contrat électrique. Les soudures chaudes des thermo-éléments deviennent les soudures froides et les soudures froides des soudures chaudes. Dans ce cas, l'air chaud ou le mélange air extérieur plus reprise d'air intérieur est aspiré à l'aide du ventilateur, passe sur les semi-conducteurs de l'échangeur puis est rejeté à l'extérieur. Dans l'échangeur l'air est chauffé par les soudures

chaudes de 1 à 3° C. Un autre ventilateur entraîne par des tuyaux d'aspiration l'air de la pièce qui, passant sur les semi-conducteurs sort refroidi de l'échangeur puis est ramené dans le local. Dans l'échangeur l'air est refroidi de 3° à 5° C par les soudures froides.

Cette batterie peut également fonctionner avec l'eau comme fluide moteur. Le fonctionnement d'après ce schéma est absolument identique à celui déjà décrit; seulement une des soudures des thermo-éléments se refroidit par l'eau au lieu de l'être par l'air, ce qui diminue considérablement sa surface d'échange thermique.

Du point de vue économique, les essais réalisés nous ont confirmé l'utilité du chauffage et du rafraîchissement de l'air dans les locaux à l'aide de batteries à semi-conducteurs si la différence de température utile ne dépasse pas 10° C.

À l'heure actuelle on a construit et étudié des prototypes de batteries à semi-conducteurs (fig. 13) dont la puissance thermique est de 150 à 1 000 kcal/h, et les caractéristiques sont les suivantes : coefficient chaud K_c , de l'ordre de quatre et écart de température utile $\Delta t = 8^\circ \text{C}$.



Fig. 13. — Conditionneur à semi-conducteurs.

Au début de cet exposé nous avons noté qu'en U.R.S.S. dans le courant de l'année 1958 on a fait un effort pour rapprocher de la vie l'éducation populaire, et en conséquence on portera dans les plans et les programmes de l'enseignement plus d'attention à l'étude des techniques. Nous estimons que les problèmes de chauffage, de conditionnement, et de technique sanitaire que nous côtoyons sans cesse notre vie durant, sont une des préoccupations dans l'éducation générale.

Ceci est très facile à réaliser en construisant des immeubles scolaires équipés d'installations de chauffage et de ventilation, afin de montrer et d'enseigner aux élèves d'une façon pratique le fonctionnement et l'exploitation de ces installations.

Cela exige la réalisation et l'exploitation non seulement d'un équipement de chauffage et de ventilation, mais de toute autre installation, d'un niveau technique très élevé; lequel est un des indices d'un degré avancé de civilisation.

C'est pourquoi, l'étude du chauffage et de la ventilation des constructions scolaires, actuellement incomplète et où bien des perfectionnements doivent être apportés, présente un aussi grand intérêt.

BIBLIOGRAPHIE

— « Les pays de socialisme et de capitalisme en chiffres » (1957).

— Règles et standards des constructions, Tome II partie B, chapitre II, § 6. — Les écoles d'éducation générale (1938).

— Le développement du chauffage central des bâtiments urbains en U. R. S. S. Communication de I. F. LIVTCHAK au cours des Journées internationales de chauffage, ventilation et conditionnement de l'air, Paris, 1957; publiée en

français dans les Annales de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics et dans la revue Industries Thermiques et également traduit dans des revues spécialisées anglaises et américaines

[4] — A. N. SYLVESTROFF : La ventilation des locaux industriels (1932).

[5] — A. A. BORISOFF. Climats de l'U. R. S. S. (1948).

[6] — A. F. JOFFE : Les éléments semi-conducteurs (1956).

DISCUSSION

M. LE PRÉSIDENT MISSENARD. — Je vais vous demander si vous avez des questions à poser à M. Cadiergues ou à M. Livtchak, in qu'elles lui soient transmises.

M. MARCQ. — Je crois que M. Livtchak a donné les températures, mais n'a pas précisé à quel niveau, et je constate en particulier que la température dans les caves-laboratoires, salles de travail, est de 16°. Cette température de 16° me paraît bien basse.

M. LE PRÉSIDENT MISSENARD. — Vous savez que M. Dick a également parlé de 16°. Nous en reparlerons demain.

M. PRUD'HON. — Il est question de températures extérieures pouvant atteindre — 20 et — 25° C. Est-ce que l'auteur signale la possibilité, lorsqu'on descend à des températures aussi basses, de réduire la température intérieure pendant l'occupation ?

M. LE PRÉSIDENT MISSENARD. — Je n'ai rien vu à ce sujet dans la conférence de M. Livtchak, mais voulez-vous que nous lui posions la question de savoir si les Russes ont envisagé de réduire la température intérieure des locaux quand la température extérieure baisse ?

M. PRUD'HON. — Je suis d'avis de pouvoir baisser légèrement la température lorsque la température extérieure descend au-dessous de certaines limites.

M. CADIERGUES. — Je vais vous répondre par un exemple français. Il existe des zones françaises où l'on doit calculer les installations par — 25° C et la température intérieure n'en est pas baissée pour autant, et je ne crois pas que les habitants accepteraient de voir baisser la température intérieure.

M. LE PRÉSIDENT MISSENARD. — Ce n'est pas dans les mœurs. L'abaissement de la température extérieure entraîne une modification de la protection vestimentaire extérieure; mais évidemment quand on l'abandonne en pénétrant dans les locaux, tout revient au même. Mais quelquefois, effectivement, dans les pays très froids, les enfants portent des sous-vêtements plus isolants. Enfin, c'est une question d'habitudes vestimentaires des régions. De même qu'autrefois, M. Prud'hon, vous savez bien qu'on ne se chauffait guère qu'à une quinzaine de degrés, mais on portait des vêtements plus chauds, et les femmes, en particulier, étaient beaucoup plus couvertes.

DEUXIÈME JOURNÉE (Mardi 26 mai 1959)

SOUS LA PRÉSIDENCE D'HONNEUR DE

M. P. DONZELOT

Directeur Général de l'Équipement Scolaire, Universitaire et Sportif
au Ministère de l'Éducation Nationale de la jeunesse et des Sports

ET LA PRÉSIDENCE EFFECTIVE DE

M. G. LE MEUR

Chef du Service technique à la Direction de
l'Équipement Scolaire, Universitaire et Sportif

Chauffage et ventilation des établissements scolaires

CONSIDÉRATIONS SUR LE CHAUFFAGE DES ÉTABLISSEMENTS SCOLAIRES EN HONGRIE

par **le Professeur A. MACSKASY** de Budapest.

M. le Président MISSENAUD. — Le professeur d'Université Arpad Macskasy est à son avis un exemple typique de l'influence de l'hérédité sur la vocation. Ses ancêtres professeurs de physique et de mathématiques, lui avaient transmis, héréditairement dit-il, le goût de l'enseignement, et bien qu'ayant reçu la formation d'ingénieur mécanicien, il revenait à la carrière professorale.

Je me permettrai de le taquiner sur la validité de cette expérience (dans une expérience je cherche toujours les points faibles) ; car si le goût de l'enseignement est évidemment héréditaire, comme toutes les tendances, il est probable qu'il a été renforcé et développé par le milieu familial. Si bien qu'en réalité il s'agit de l'influence conjuguée de l'hérédité et du milieu ; mais, rassurez-vous, je ne vais pas m'étendre sur mon sujet favori...

Ses études terminées, M. Macskasy débutait comme ingénieur dans une firme renommée de chauffage central et de ventilation de Budapest. Directeur technique d'une agence de cette firme en Yougoslavie, ses goûts l'orientèrent très rapidement vers l'étude scientifique et théorique de notre métier. Retourné à Budapest en 1934, il publia de nombreux articles et prononça des conférences qui le firent particulièrement connaître et apprécier dans son pays.

Je ne vous énumérerai pas toutes ses études de qualité parues dans des revues hongroises, ainsi qu'étrangères, et en particulier dans la revue française « Chaleur et Industrie » ; de même que je ne rappellerai que pour mémoire qu'il fit des conférences en Suisse et en Union Soviétique. Lorsque fut fondée la « Direction pour l'installation des bâtiments » en Hongrie, il en devint le Directeur général adjoint, en même temps que le titulaire de la chaire pour le chauffage et la ventilation de l'Université technique de Budapest.

Comme il est d'une activité insatiable, et qu'il ne pouvait se contenter d'être à la fois directeur d'une des premières entreprises de l'État hongrois et professeur, il est également rédacteur en chef de la revue technique « Installation », publiée à Budapest. Il chercha à resserrer les relations de son pays avec les techniciens étrangers, et c'est à ce titre que je fus invité, il y a quatre ans, à aller faire une conférence à Budapest. J'ai pu y apprécier l'autorité dont jouissait le professeur Macskasy et sa popularité parmi ses élèves. Car s'il est installateur, professeur, rédacteur en chef d'une revue, cela ne saurait encore lui suffire et il anime les équipes sportives des étudiants. C'est un bel exemple de dynamisme fécond, allié à une courtoisie toujours souriante.

AVANT-PROPOS

Le chauffage dans les établissements scolaires a pris récemment en Hongrie une importance particulière. La cause en est due à la prolongation de la durée de l'instruction générale portée de huit à dix ans, à l'accroissement continu de la population et en dernier lieu à l'augmentation constante des exigences des programmes. Il s'est avéré que nos conceptions initiales sur les constructions d'école, en général, sont dépassées, en particulier dans le domaine du chauffage et de la ventilation.

Étant donné que dans le cadre fixé pour cette conférence il n'est pas possible de traiter du problème dans son ensemble, je me limiterai aux questions suivantes :

- a) pertes calorifiques dans les classes ;
- b) possibilité d'application du chauffage par rayonnement par le plafond ;

c) exposé de quelques solutions spécifiquement hongroises.

Sur les autres aspects du problème je ne me consacrerai qu'aux données déjà publiées et plus spécialement à celles contenues dans les différents ouvrages d'hygiène.

I. SOLUTION ARCHITECTURALE DES CLASSES

La figure 1 précise les caractéristiques de la solution dite « traditionnelle ». Les particularités défavorables de l'éclairage naturel en Hongrie permettent de formuler quelques critiques à l'égard de cette solution, toutefois, on construit encore des écoles présentant une telle disposition. Les figures 2 et 3 représentent les solutions bilatérales qui s'efforcent d'écarter les critiques faites au sujet de l'éclairage de la construction traditionnelle. Toutes mes études sont faites en tenant compte de la réalisation traditionnelle, mais elles peuvent également être appliquées aux deux autres solutions.

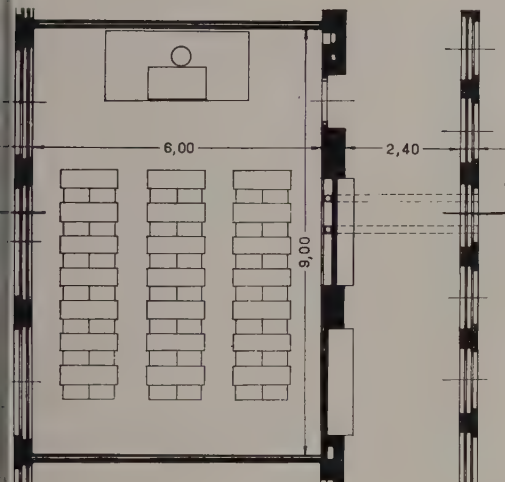
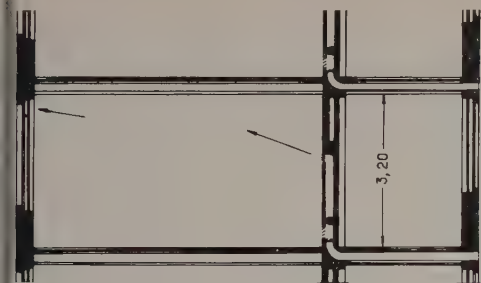


Fig. 1.

2. EXIGENCE RELATIVE AU CHAUFFAGE ET A LA VENTILATION DE L'ÉCOLE

Les exigences et les prescriptions relatives à la composition de l'air d'une classe correspondent dans notre pays aux exigences et aux prescriptions en usage dans tous les pays de l'Europe y compris l'Union Soviétique. Une préoccupation spéciale dans l'aménagement de l'installation de chauffage et de ventilation consiste dans la recherche d'une installation adaptée aux moindres frais plus particulièrement dans l'emploi de métaux, cette installation n'exigeant qu'un minimum de dépenses d'installation. Cette dernière préoccupation conduit à chauffer au cours des congés de Noël et autres vacances l'hiver que les appartements des directeurs et quelques autres, en tenant compte toutefois dans la mesure du possible

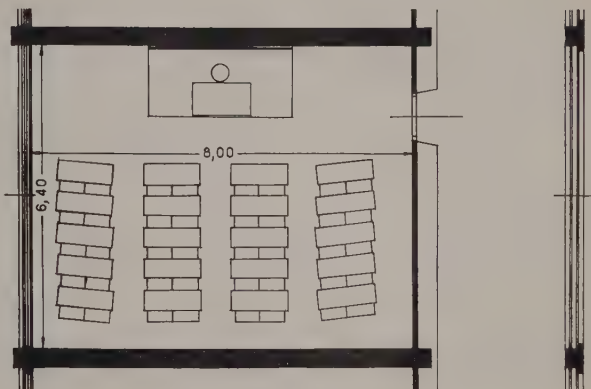
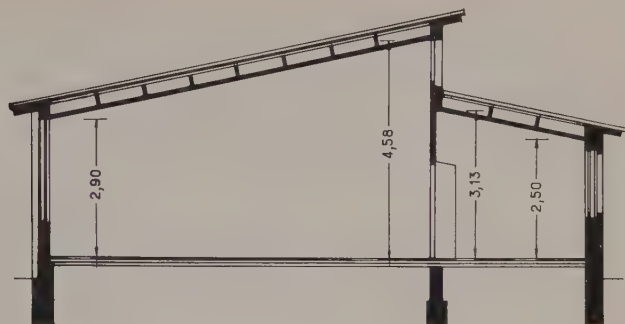


Fig. 2a.

du risque de gel. Ce sont ces considérations qui ont servi de directives pour la réalisation et pour les extensions des différentes installations.

3. PERTES CALORIFIQUES DES CLASSES

Le tableau I indique les données servant de base au calcul des pertes calorifiques des classes de dispositions différentes ; on y tient compte des actions réelles ou supposées du vent avec ses différentes allures dans les bâtiments d'école orientés au sud-est. Au bas du tableau est précisée la signification des différents symboles.

Dans la colonne 1 sont indiquées les déperditions calorifiques Q_{tr} , et dans la colonne 9 les besoins effectifs de chaleur en régime établi. Ces besoins résultent de la somme des pertes calorifiques sans majorations Q_0 et des pertes calorifiques dues à la ventilation Q_{vent} le tout diminué de l'émission de cha

RÉSUMÉ

Le conférencier donne un aperçu de ses études qui ont pour but de réaliser des installations de chauffage central et de ventilation de bonne conception et de moindre prix avec des économies très importantes de métaux ferreux. Dans cette étude particulière aux établissements scolaires, M. A. Macskasy a envisagé la question de la classe comme le problème fondamental de la conférence.

SUMMARY

The lecturer gives an insight into his activities in connection with the design of economical central heating and ventilating systems based on sound engineering principles and realized with a considerable economy in the use of ferrous metals. Heating installations for schools form the subject of the lecture and Mr. Macskasy devotes this lecture to a discussion of classroom heating which he considers the major problem.

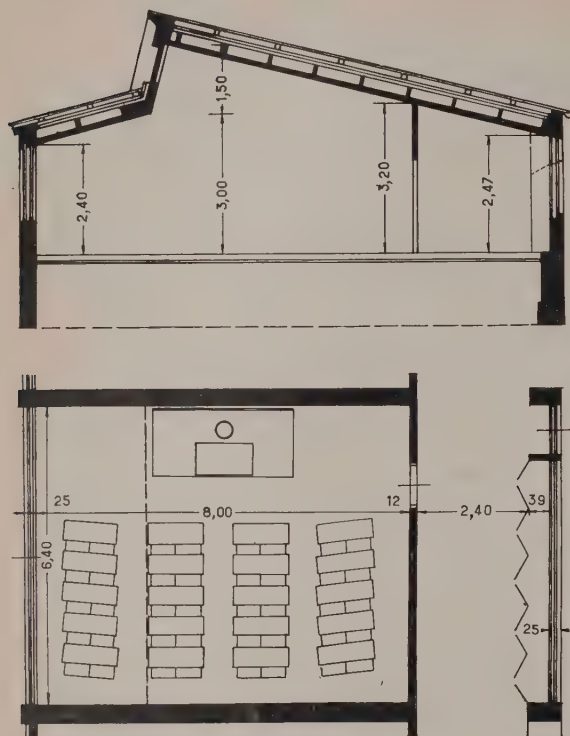


Fig. 2b.

leur des personnes se trouvant dans la classe Q_4 . De cet ensemble résulte une différence importante ΔQ indiquée dans la colonne 10.

Pour illustrer les problèmes de régulation qui présentent une difficulté particulière dans le cas du chauffage et de la ventilation dans les établissements scolaires, les colonnes 11 et 12 indiquent les températures de l'air pulsé qui doivent être assurées dans les différentes classes dans le cas où l'on utilise pour le chauffage à air chaud exclusivement de l'air frais : t_p et t_p' . La particularité de ce tableau est que la perte Q_{stat} et par conséquent aussi la température de l'air pulsé sont dans ce cas indépendantes des majorations nécessitées par la mise en régime, car en principe cette méthode ne présente aucune différence avec celle consistant à introduire une partie de l'air frais par les interstices des portes et des fenêtres et l'autre partie par les bouches de ventilation ou d'air chaud.

La variabilité considérable des températures indiquées dans ces colonnes se rapportant en partie au régime établi et en partie à la période de mise en régime, souligne les difficultés du chauffage et de la ventilation de l'école et particulièrement celles du réglage.

C'est pourquoi ce sont les installations de chauffage et de ventilation localisées comme par exemple les installations du type bloc-ventilation utilisées aux États-Unis qui répondent le mieux aux exigences, pourvu que ces installations soient munies d'une régulation automatique. De telles solutions n'ont pas encore été réalisées dans les bâtiments scolaires en Hongrie.

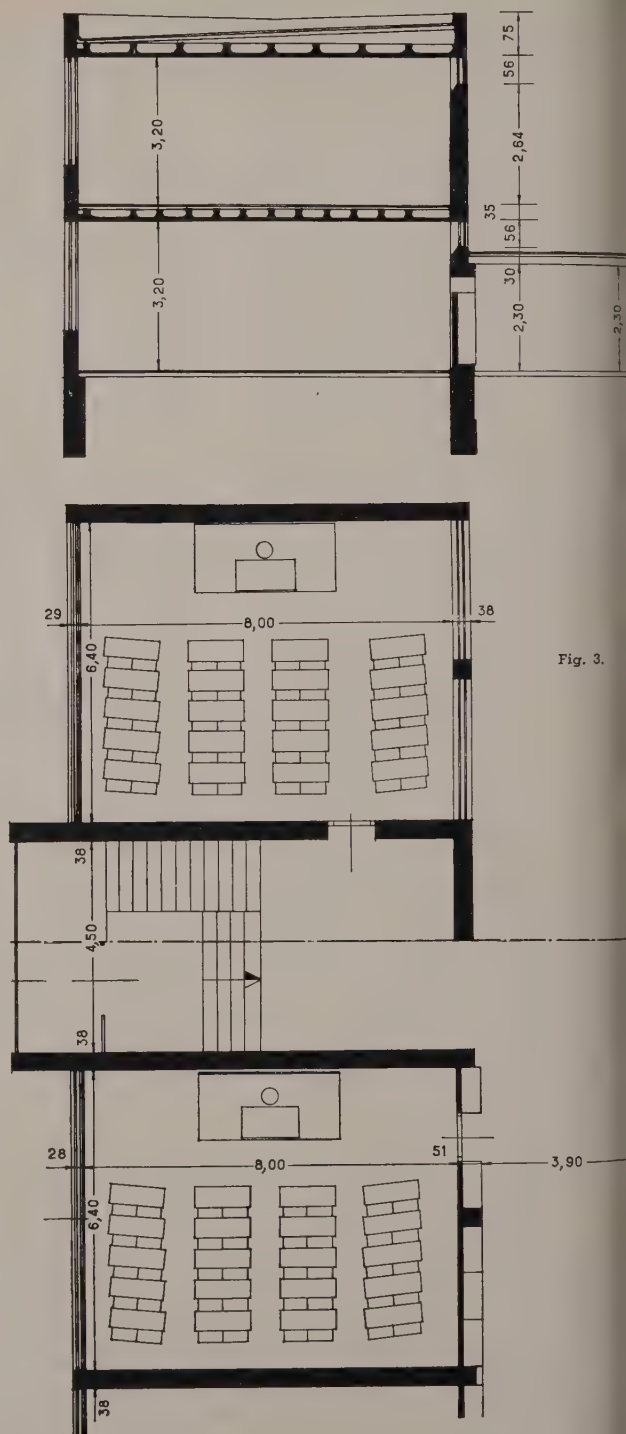


Fig. 3.

Données caractéristiques de la salle

N°		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
		Q_o	Q_v	Q_m	Q_{tr}	Q_{vent}	Q_e	Q_{st}	ΔQ	t'_v	t''_v	V'_{vent}	CO_2	t_{ax}	n	Q'_{tr}	t'_{ax}	n'
1	Un mur	2 260	295	452	3 007	6 380	2 650	5 990	2 983	17,8	30,5	335	2,78	—2,85	18	3 607	—5,25	9
2	Non protégée	»	610	»	3 322	»	»	»	2 668	»	32,2	367	2,02	—4,13	13	»	»	»
3	Protégée contre un vent violent	»	406	»	3 118	»	»	»	2 872	»	31,1	346	2,12	—3,30	16	3 747	—5,80	8
4	Non protégée	»	720	»	3 432	»	»	»	2 558	»	32,7	377	1,97	—4,55	11	»	»	»
5	Salle	3 390	305	510	4 205	6 380	2 650	7 120	2 915	23,9	37,0	343	2,14	—4,50	11	4 785	—6,60	6
6	d'angle	»	645	»	4 545	»	»	»	2 575	»	38,8	376	1,97	—5,75	8	»	»	»
7	Mêmes indications que de 1 à 4	»	406	»	4 306	»	»	»	2 814	»	37,6	353	2,08	—4,85	10	4 935	—7,15	5,5
8		»	780	»	4 680	»	»	»	2 440	»	39,6	389	1,92	—6,20	7	»	»	»
9	Un mur	3 530	315	530	4 375	6 380	2 650	7 260	2 885	24,7	37,9	345	2,12	—4,75	10	4 945	—6,8	6
10	extérieur	»	670	»	4 730	»	»	»	2 530	»	39,9	380	1,96	—6,00	7	»	»	»
11	et plafond	»	425	»	4 485	»	»	»	2 775	»	38,2	356	2,70	—5,15	9	5 095	—7,3	5
12	supérieur	»	810	»	4 870	»	»	»	2 390	»	40,6	393	1,61	—6,50	6	»	»	»
13	Salle	4 600	420	700	5 780	6 380	2 650	8 390	2 610	30,9	45,5	372	2,00	—6,70	6	6 245	—8,20	4
14	d'angle	»	885	»	6 245	»	»	»	2 145	»	48,0	418	1,81	—8,20	4	»	»	»
15	et plafond	»	560	»	6 020	»	»	»	2 370	»	46,9	396	1,89	—7,45	5	6 395	—8,85	3
16	supérieur	»	1 035	»	6 395	»	»	»	2 000	»	48,9	433	1,75	—8,65	3	»	»	»

$V_{vent} = 630 \text{ m}^3/\text{h}$ — quantité minimum d'air frais.

$Q_{vent} = \frac{V_{vent} C_p (t_i - t_a)}{1 + \beta t_i} = \frac{630 \times 0,31}{1,07} [20 - (-15)] = 6 390 \text{ kcal/h}$ = besoin en calories de l'air de ventilation.

Q_o = Pertes calorifiques sans majorations en kcal/h.

Q_u = Majoration due au vent en kcal/h.

$Q_{tr} = Q_o + Q_v + Q_m$ = Pertes calorifiques totales en kcal/h.

Q_e = Chaleur dégagée par les personnes occupant la classe en kcal/h.

Q_m = Majoration exigée par la mise en régime en kcal/h.

$Q_{stat} = Q_o + Q_{vent} - Q_e$ en kcal/h.

$\Delta Q = Q_{st} - Q_{tr}$ en kcal/h.

t'_v = Température de l'air soufflé en régime établi en °C.

t''_v = Température de l'air soufflé pendant la mise en régime en °C.

V'_{vent} = Quantité d'air frais introduite correspondant à une température extrême de $t_a = -15$ °C en m^3/h .

t_{ax} = Température extrême à laquelle peut être introduit la quantité nécessaire d'air [$V_{vent} = 630 \text{ m}^3/\text{h}$].

n = Nombre de jours de l'année ayant une température moyenne au-dessous de t_{ax} .

Q'_{tr} = Besoin en calories calculé selon la proposition modifiée en kcal/h.

t'_{ax} = Comme 15, mais tenant compte de Q'_{tr} en °C.

n' = Comme 16, mais au-dessous de t'_{ax} en °C.

Le tableau montre en même temps que l'on doit procéder à des installations de chauffage et de ventilation dans les bâtiments scolaires sensiblement plus importantes que celles correspondant aux pertes calorifiques de transmission normalisées, et cela pour que l'installation réponde aux exigences qu'amènent les périodes de grand froid avec une marche de régime inchangée. Étant donné que dans notre pays cette surpuissance est inadmissible pour des considérations économiques, nous avons calculé en première approximation quelle est l'importance de la quantité d'air frais que nous pouvons introduire dans les différentes classes dans les périodes de plus grand froid en se limitant à l'hypothèse de pertes calorifiques normales et quelle est, par suite, la valeur de la quantité d'anhydride carbonique CO_2 qui en résulte (voir les colonnes 13-14 du tableau I).

Dans la colonne 15 est indiquée la température extérieure au-dessus de laquelle les exigences de la ventilation peuvent être encore satisfaites avec une marche normale de régime correspondant à l'arrêt de fonctionnement de l'installation au cours de la nuit et dans la colonne 16 est repris le nombre des jours au cours desquels la température moyenne est inférieure à la valeur indiquée dans la colonne 15 (voir la courbe de la fréquence des températures sur la figure 4).

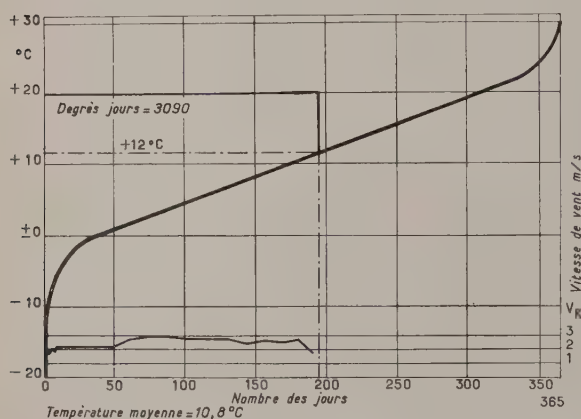


Fig. 4.

L'examen de ces colonnes justifie l'unification des majorations dues au vent, notamment l'application uniforme d'une valeur maximum valable pour toutes les régions en tenant compte des différentes vitesses de vent. Les colonnes 17 et 18 font apparaître de cette façon la réduction importante des différences mentionnées dans les colonnes 6 et 15.

En examinant dans une seconde étude l'effet du chauffage continu (sans interruption), nous avons trouvé que dans cette hypothèse on peut accumuler dans le bâtiment pendant la période nocturne une quantité de chaleur suffisante pour suppléer aux pertes de chaleur dues à la ventilation pendant neuf heures par jour.

À cet égard, il suffit de réfléchir que pendant l'arrêt de marche il part par les fenêtres une quantité de chaleur proportionnelle à la différence des températures intérieures et extérieures, tandis que par les murs extérieurs part une quantité de chaleur répondant à un régime stable, étant donné que les écarts de température intérieure provoqués par l'arrêt de marche se manifestent sur le plan extérieur avec un déphasage qui est en général plus grand que l'arrêt même. Dans un

régime continu, nous ne devons donc pas négliger l'importance de cette chaleur, elle est utilisée entièrement au préchauffage de l'air de ventilation. De cette manière, au point de vue du comportement de la température des murs et de l'air, nous pouvons considérer comme durée de « l'arrêt de marche » les heures de classe (chez nous 9 heures) lorsque la diminution des températures est provoquée par l'introduction de l'air de ventilation et nous pouvons considérer les 24-9 = 15 heures restantes comme la durée de mise en régime. Cette affirmation peut être démontrée également par l'application des règles et des rapports relatifs au régime variable de transmission de chaleur — en admettant naturellement plusieurs hypothèses simplificatrices.

Les différences apparaissant dans le tableau I entre les divers locaux (en faveur des salles d'angle), tendent en réalité à se réduire, car pendant le chauffage nocturne, destiné à suppléer aux pertes de chaleur dues à la ventilation, les salles groupées, présentant moins de surface refroidissante, reprennent l'avantage.

En résumé, le besoin de chaleur déterminé d'après le calcul des pertes de chaleur, effectué avec la modification peu importante sus-mentionnée, concernant les suppléments de pertes dues au vent, permet d'assurer avec un système d'exploitation convenable les besoins de chaleur totaux y compris ceux dus à la ventilation.

4. SYSTÈME DE CHAUFFAGE DÉJÀ EN APPLICATION ET DONT L'EXTENSION EST DÉSIRABLE

Les raisons exposées ci-dessus rendent désirable l'application du chauffage par rayonnement, étant donné que ce système de chauffage assure une température de mur plus importante et de cette façon, il supplée, par les températures extérieures les plus fraîches, aux déperditions de chaleur dues à la ventilation.

A. Chauffage par panneaux rayonnants.

Nous devons examiner si nous pouvons assurer au moyen du chauffage par rayonnement, dans les limites du confort, la quantité de chaleur qui doit être transmise dans la classe pendant les périodes de grand froid.

Comme indices du confort, nous avons adopté la courbe connue de Chrenko relative aux personnes périodiquement debout, laquelle donne en fonction des facteurs de forme sur la tête, les températures admissibles des panneaux de chauffage.

Nous avons également complété la courbe pour les valeurs du facteur de forme $\phi = 0,2 - 1,01$, de façon que le bilan thermique de la tête reste pour ces valeurs le même que pour l'intervalle $\phi = 0,7 - 0,2$. Nous présentons la courbe et le rapport respectif sur la figure 5.

Les valeurs de la courbe sont également justifiées par les études de Kollmar-Liese [1], selon lesquelles avec un facteur de forme $\phi = 0,0131$, la température, $t_r = 325^\circ \text{C}$ assure encore un confort acceptable. D'après la courbe calculée le facteur de forme correspond à $t_r = 280^\circ \text{C}$.

La figure 6 donne la surface des panneaux de rayonnement pouvant être disposés sur le plafond et les calories qu'il transmettent par rayonnement en fonction des différents facteurs de forme ϕ relatifs à la tête sur une hauteur de 1,3 m au-dessus d'un élève se trouvant au milieu d'une salle de dimensions $8,7 \times 6,1 \times 3,2 \text{ m}$.

Elle montre, sans aucune ambiguïté, qu'avec un panneau de chauffage par rayonnement, on ne peut transmettre la quantité de chaleur nécessaire au chauffage d'une classe en assumant un confort convenable.

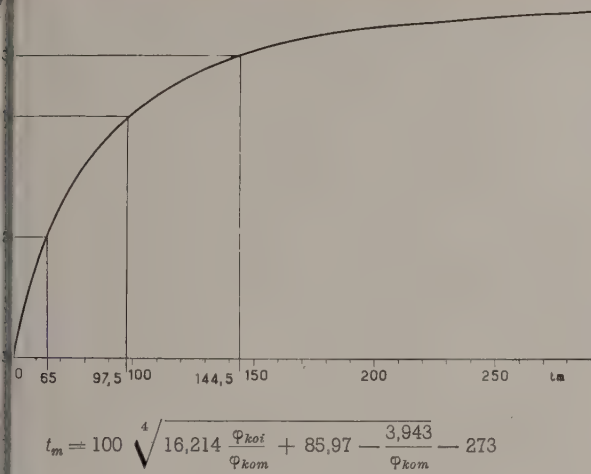
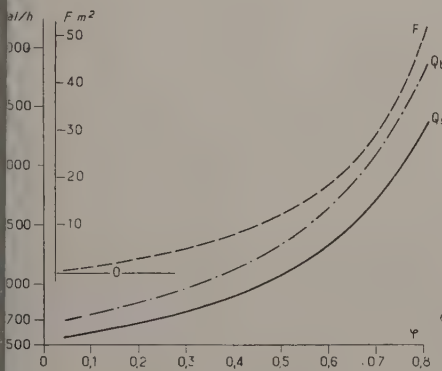


Fig. 5.

Nous allons examiner maintenant si les panneaux de chauffe par rayonnement disposés en forme de cadre [2, 3, 4] assurent pas une transmission de chaleur plus importante et un confort convenable (fig. 7).

Les dimensions du cadre ont été fixées de telle façon que le facteur de forme φ_r relatif à la tête prenne avec la situation mentionnée de l'élève les valeurs 0,025, 0,05, 0,10. Nous avons vérifié dans tous les cas comment se précise le facteur de forme φ_a concernant la tête de l'élève se trouvant dans la situation la plus défavorable dans la classe, c'est-à-dire assis sous la branche la plus longue du cadre (et dans le cas $\varphi_a > \varphi_r$); c'est conformément à ce facteur de forme que nous avons calculé la température du cadre. Pour cette dernière situation la valeur du facteur de forme ne figure pas dans la bibliographie, c'est pourquoi elle a dû être calculée séparément. Nous donnons le rapport correspondant ainsi que la signification des différents termes employés dans la figure 7.



$$\varphi_m = \frac{1}{\pi} \left[\frac{a}{\sqrt{\left(\frac{a}{2}\right)^2 + h^2}} \arctg \frac{\frac{b}{2}}{\sqrt{\left(\frac{a}{2}\right)^2 + h^2}} + \frac{b}{\sqrt{\left(\frac{b}{2}\right)^2 + h^2}} \arctg \frac{\frac{a}{2}}{\sqrt{\left(\frac{b}{2}\right)^2 + h^2}} \right]$$

Fig. 6.

Nous avons résumé le résultat de nos calculs concernant le facteur de forme $\varphi_a = 0,05$ dans le tableau II. Dans le bas du tableau est précisée la notation.

La figure 8 donne les quantités de chaleur transmises par rayonnement Q_r et de transmission de chaleur totale (de rayonnement et de convection Q_t des surfaces de chauffe donnant les facteurs de forme $\varphi_r = 0,025, 0,05, 0,10$ en fonction des facteurs de forme φ_{m1} du cadre, ces facteurs sont relatifs au plus grand côté du rectangle déterminé par les limites extérieures).

D'après les éléments du tableau II ainsi que des figures, on peut admettre que l'on introduit dans la classe avec une surface de chauffe, disposée en forme de cadre, et avec un même confort pour les personnes séjournant dans la classe, une quantité de chaleur plusieurs fois plus grande qu'avec une surface pleine en utilisant même les procédés normaux de construction (bâtiments avec murs extérieurs de $k = 1,3 \text{ kcal/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ et des fenêtres doubles), on peut donc ainsi couvrir les besoins de chaleur de la classe.

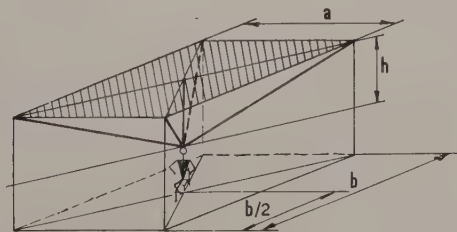
Dans ce qui précède nous n'avons pas examiné si les pertes calorifiques du local sont différentes en cas de chauffage par rayonnement eu égard au confort des personnes occupant la classe et, par conséquent, nous avons pris pour base de nos examens la quantité de chaleur obtenue sur la base de la norme en vigueur pour les autres méthodes de chauffage.

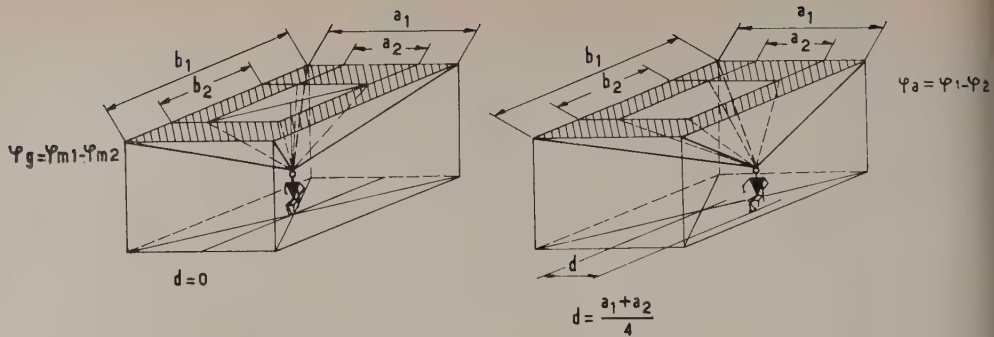
Nos essais en cours prouvent que les chauffages par rayonnement calculés et exploités sur la base de cette quantité de chaleur sont sensiblement surpuissants et que la température des surfaces de chauffe est en pratique toujours bien inférieure à celle qui découlerait du calcul dans les différents cas. Ce phénomène augmente les possibilités d'application du chauffage par rayonnement par panneaux de plafond.

En conséquence, nous devons donner dans notre programme futur de construction d'école un rôle plus grand au chauffage par bandes rayonnantes.

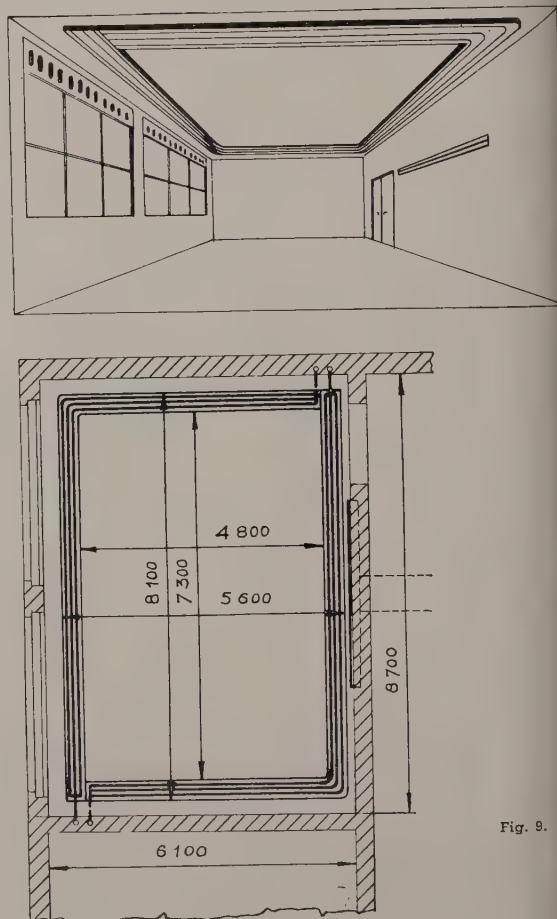
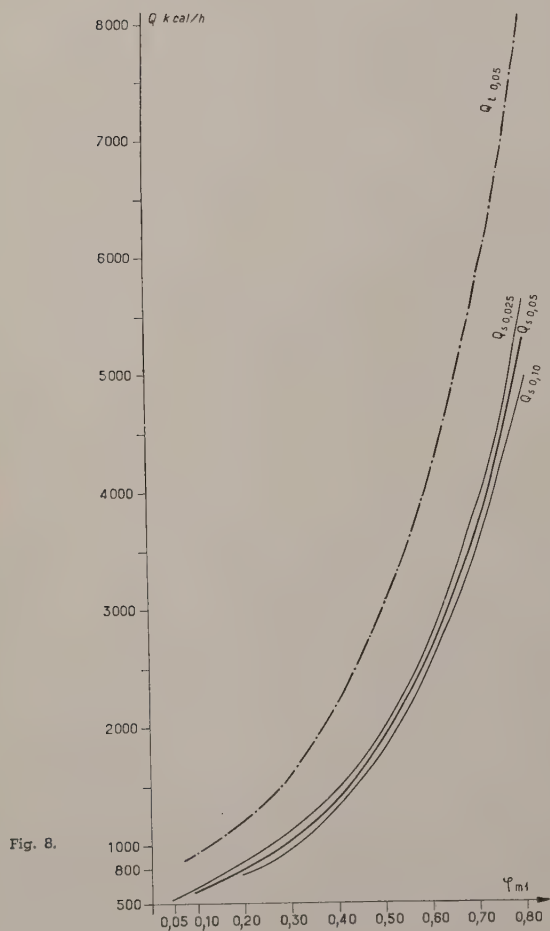
Les corps de chauffe à haute température et de petite surface satisfont aussi les préoccupations d'économie de matériel mentionnées au début de notre exposé. Cet avantage est caractérisé par la quantité de chaleur fournie par unité de poids de métal ferreux incorporé dans la surface de chauffe.

Le risque de gel en Hongrie a fait prendre en considération l'emploi comme fluide de chauffage à côté de l'eau chaude, même surchauffée, la vapeur basse pression et cela malgré ses difficultés de réglage. La figure 9 présente une telle réalisation qui montre également la solution adoptée pour la





$$q = \frac{1}{\pi} \left[\frac{d + \frac{a}{2}}{\sqrt{\left(d + \frac{a}{2}\right)^2 + h^2}} \arctg \frac{\frac{b}{2}}{\sqrt{\left(d + \frac{a}{2}\right)^2 + h^2}} - \frac{d - \frac{a}{2}}{\sqrt{\left(d - \frac{a}{2}\right)^2 + h^2}} \arctg \frac{\frac{b}{2}}{\sqrt{\left(d - \frac{a}{2}\right)^2 + h^2}} \right. \\ \left. + 2 \frac{\frac{b}{2}}{\sqrt{\left(\frac{b}{2}\right)^2 + h^2}} \arctg \frac{\sqrt{\left(d - \frac{a}{2}\right)^2 + \left(\frac{b}{2}\right)^2 + h^2} \sqrt{\left(d + \frac{a}{2}\right)^2 + \left(\frac{b}{2}\right)^2 + h^2} - \left[d^2 - \left(\frac{a}{2}\right)^2 + \left(\frac{b}{2}\right)^2 + h^2 \right]}{a \sqrt{\left(\frac{b}{2}\right)^2 + h^2}} \right]$$



$$\varphi_p = 0,05$$

1	φ_{m1}	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80
2	b_1	1,350	1,710	2,040	2,680	3,365	4,150	4,600	5,120	5,710	6,420	7,300	8,450
3	a_1	0,947	1,199	1,430	1,879	2,359	2,910	3,225	3,590	4,004	4,501	5,118	5,925
4	φ_{m2}	0,05	0,10	0,15	0,25	0,35	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75
5	b_2	0,925	1,350	1,710	2,350	3,020	3,740	4,150	4,600	5,120	5,710	6,420	7,300
6	a_2	0,648	0,947	1,199	1,648	2,117	2,622	2,910	3,225	3,590	4,004	4,501	5,118
7	φ_a	0,0471	0,0386	0,0461	0,0432	0,0451	0,0504	0,0534	0,0597	0,0653	0,0758	0,0914	0,1151
8	t_m	144,5	144,5	144,5	144,5	144,5	144,0	137,8	130,5	124,5	115,0	103,5	90,6
9	F_g	0,679	0,772	0,867	1,163	1,545	2,270	2,759	3,545	4,483	6,033	8,465	12,705
10	q_s	924,5	924,5	924,5	924,5	924,5	918,7	848,4	769,6	706,9	615,8	513,0	408,4
11	Q_s	627,8	713,7	801,5	1 075,2	1 428,4	2 085,4	2 340,7	2 728,2	3 169,0	3 715,1	4 342,5	5 188,7
12	q_o	458,2	458,2	458,2	458,2	458,2	455,1	428,4	395,6	367,8	326,8	278,1	225,9
13	Q_o	311,1	353,7	397,3	532,9	707,9	1 033,1	1 176,4	1 402,4	1 648,8	1 971,6	2 354,1	2 870,1
14	Q_i	938,9	1 076,4	1 198,8	1 608,1	2 236,3	3 118,5	3 517,1	4 130,6	4 817,8	5 686,7	6 696,6	8 058,8

φ_p = Facteur de forme de la tête de l'élève assis au milieu de la salle, rapporté au cadre (voir fig. 7).

φ_{m1} = Le même, rapporté aux bords du cadre a_1, b_1 (voir fig. 7).

φ_{m2} = Le même, rapporté à la partie centrale du cadre a_2, b_2 (voir fig. 7).

φ_a = Le même, mais l'élève assis sous la branche la plus longue du cadre, rapporté au cadre.

t_m = Température du cadre, selon φ_p ; dans le cas $\varphi_p > \varphi_a$ selon φ_a en °C.

F_g = Surface du cadre en m².

q_s = Flux de chaleur transmis par rayonnement en kcal/m²h.

q_o = Flux de chaleur transmis par convection en kcal/m²h.

Q_s = Quantité de chaleur transmise par le cadre, par rayonnement en kcal/h.

Q_o = Quantité de chaleur transmise par le cadre, par convection en kcal/h.

Q_i = $Q_s + Q_o$ en kcal/h.

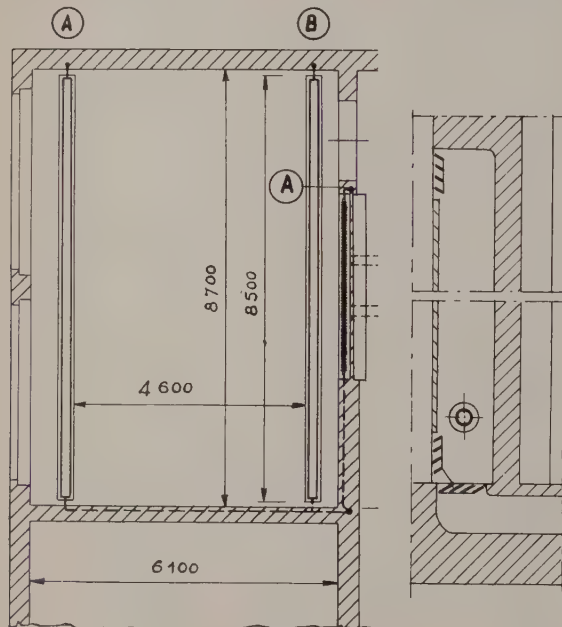
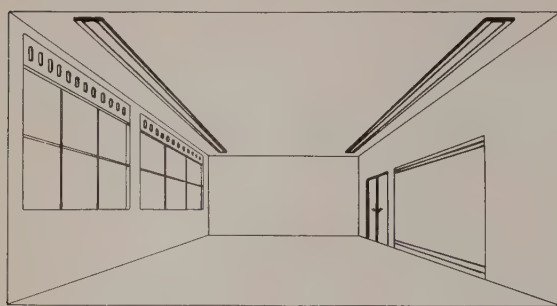


Fig. 10.

ventilation. Comme véhicule de chauffage on peut utiliser dans ce cas soit l'eau, soit la vapeur saturée.

Le coefficient de transmission calculé par unité de poids pour les panneaux de chauffage par rayonnement est de 35,5 kcal/kg^h pour l'acier et de 181,0 kcal/kg^h pour l'aluminium. A titre de comparaison nous mentionnons que dans le cas d'un chauffage par eau avec radiateurs, l'utilisation de l'acier est avec des radiateurs en tôle d'acier de 36 kcal/kg, et avec des radiateurs en fonte de 17 kcal/kg.

La figure 10 représente un schéma des dispositions admises dans le cas où le fluide est la vapeur. Avec cette solution on peut résoudre d'une façon pratique le préchauffage de l'air de ventilation et par suite l'augmentation de la quantité d'air frais admis avec élimination du risque de gel et en même temps on peut augmenter aussi le confort des personnes occupant la classe. Nous pensons assurer le réglage, de cette installation, ainsi que celui d'un autre système de chauffage à vapeur que nous exposerons plus loin, au moyen du branchement des corps de chauffage sur deux canalisations différentes combiné avec un réglage central de la pression.

B. Chauffage par rayonnement avec des panneaux en béton.

Ce mode de chauffage est justifié par la meilleure répartition de la température pouvant être assurée au moyen de la répartition égale des surfaces de chauffe, par la température de surface plus basse, par le moindre encombrement et par la possibilité d'économiser une quantité importante d'acier. L'emploi de chauffage à vapeur est aussi justifié par l'élimination du risque du gel.

La figure 11 représente un détail du plan des canalisations de distribution du fluide chauffant à l'école de Budapest Kobanyai ut. Comme corps de chauffe on a utilisé ici des panneaux en béton. Le dessin et les photos de quelques types de ces panneaux sont représentés sur la figure 12. L'épaisseur des panneaux est de 36 mm, la canalisation incorporée a un diamètre de 3/8" (1 cm).

Sur la figure 11 les deux systèmes des canalisations de distribution apparaissent nettement, ils peuvent être réglés à partir de la chaufferie.

La courbe de la température est représentée par la figure 13a dans le cas de l'utilisation de vapeur saturée $t_f = 101^\circ \text{C}$: la température moyenne sur la face avant du panneau est $t_k = 79,25$, sur la face arrière $t_k = 80,90$, tandis que la température moyenne du mur derrière le panneau est 40°C . La transmission de chaleur émise par un panneau d'une surface de 1 m^2 (sur les deux faces) est $q = 1570 \text{ kcal/m}^2\text{h}$.

Nous avons utilisé également pendant une année des corps de chauffe avec de la vapeur saturée à $120-130^\circ \text{C}$ et des réchauffages et refroidissements avec des fréquences d'une demi-heure. Le panneau supportait les sollicitations dues aux grandes variations de températures sans aucune déformation ou fissure. La figure 13b indique les valeurs de température et de rendement dans le cas de l'utilisation de la vapeur d'une température moyenne de $t_f = 125^\circ \text{C}$. Nous considérons cette température comme appropriée aux bâtiments industriels. Le coefficient de transmission de l'acier est en cas de chauffage avec la vapeur à $t_f = 100^\circ \text{C}$ de 188 kcal/kg^h; dans le cas où $t_f = 125 - 130^\circ \text{C}$ il est de 275 kcal/kg^h. Ces valeurs dépassent les caractéristiques des corps de chauffe de n'importe quels autres systèmes.

Les figures donnant la répartition de la température indiquent que nous pouvons compter également sur un échauffement considérable de l'air circulant derrière les panneaux. Nous pouvons utiliser avantageusement ce phénomène pour le réchauffage d'une certaine quantité de l'air de ventilation en introduisant l'air au travers des ouvertures prévues et aménagées convenablement dans le mur derrière les panneaux.

Nous signalons à ce sujet que les panneaux de chauffage en béton sont très utilisés en Union Soviétique et en Pologne.

C. Chauffage par les murs extérieurs

Le développement progressif de l'utilisation des corps de chauffe en béton suscite l'idée de placer des panneaux dans les murs extérieurs. On transforme ainsi le volume entier des murs extérieurs en corps de chauffe.

Avec cette solution :

- la température moyenne de rayonnement dans le local augmente du fait que la température est plus forte sur les parois des murs qui sont généralement la cause principale de déperditions;

- la température de l'air ambiant peut être diminuée, ce qui constitue un avantage au point de vue de l'introduction de l'air frais;

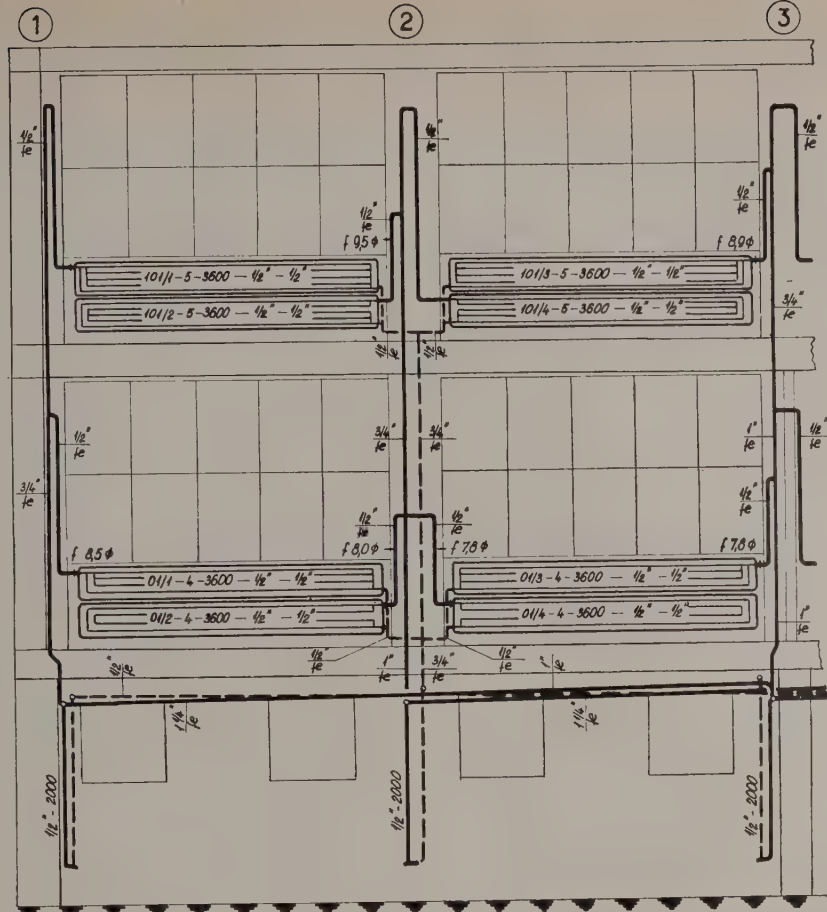


Fig. 11.

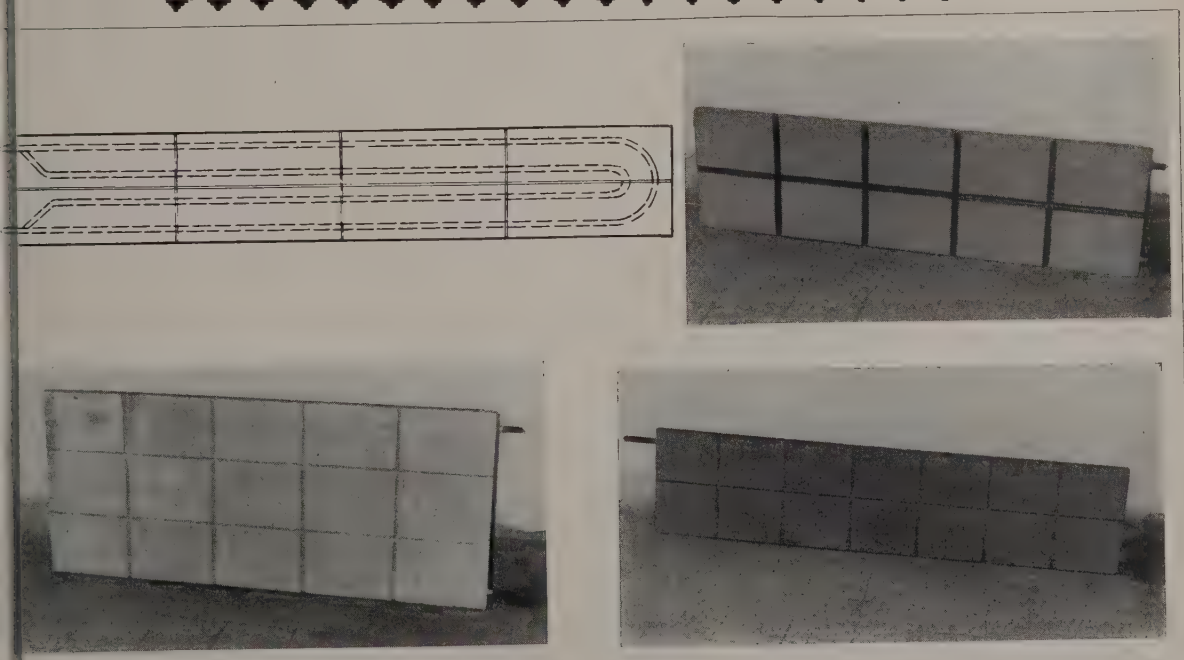


Fig. 12.

TABLEAU III

N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			11		
N°	Données caractéristiques de la salle	Q_o	Q_a	Q_m	Q_{tr}	Q_{st}	ΔQ	t_{p1}	t_{p2}	$t_f = 80^\circ \text{C}$			$t_f = 100^\circ \text{C}$		
										longueur du tuyau $\varnothing (1/2')$ 15,75 mm	poids	coef. d'util.	longueur du tuyau $\varnothing (3/8')$ 12,25 mm	poids	coef. d'util.
1-2	un mur extérieur vent normal	1 600	885	452	2 937	5 043	2 106	44,5	29,6	49 44 + 5	63	46,6	43,5 39 + 4,5	36	81,6
3-4	vent fort	1 600	1 035	452	3 087	5 043	1 956	44,5	29,6	51 44 + 7	66	46,8	45 39 + 6	37,5	82,3
5-6	vent normal salle d'angle	1 600	885	510	2 995	5 043	2 048	44,5	29,6	49 44 + 5	63	47,5	43,5 39 + 4,5	36	83,2
7-8	vent fort	1 600	1 035	510	3 145	5 043	1 898	44,5	29,6	51 44 + 7	66	47,7	45 39 + 6	37,5	83,9
8-10	un mur extérieur et plafond supérieur	2 870	885	530	4 285	6 600	2 315	44,5	29,6	80 44 + 36	103	41,6	70 39 + 31	58	73,9
11-12	vent fort	2 870	1 035	530	4 435	6 600	2 165	44,5	30,5	84 44 + 40	108	41,1	72 39 + 33	60	73,9
13-14	vent normal salle d'angle et plafond supérieur	2 870	885	700	4 455	6 600	2 145	44,5	30,8	84,5 44 + 40,5	108,5	41,1	72,5 39 + 33,5	60,5	73,6
15-16	vent fort	2 870	1 035	700	4 605	6 600	1 995	44,5	31,6	87,5 44 + 43,5	112	41,1	75 39 + 36	62,5	73,7

$Q_o, Q_{p1}, Q_m, Q_{tr}, Q_{st}, \Delta Q$ comme dans le tableau I.

t_{p2} = Température à la surface du mur dans l'angle des parois en $^\circ\text{C}$.

q = Quantité de chaleur pouvant être émise par kg de métal fer en kcal/kg.h.

t_{p1} = Température à la surface du mur avec fenêtres en $^\circ\text{C}$.

t_f = Température moyenne du fluide de chaleur en $^\circ\text{C}$.

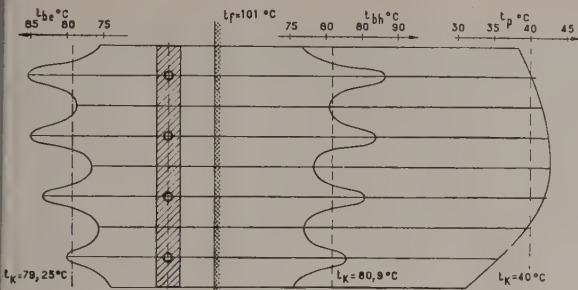


Fig. 13a.

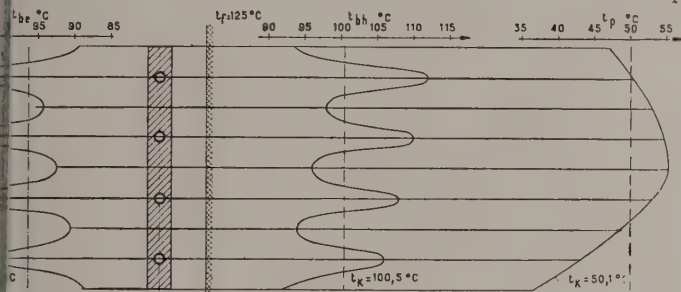


Fig. 13b.

— la quantité de chaleur qui doit être transmise au local est sensiblement plus faible, puisque la chaleur ne sort du local que par les fenêtres et à l'étage supérieur, par le plafond;

— la réalisation du confort ne se heurte à aucune difficulté;

— au point de vue des conditions thermiques d'été l'inertie du mur est sensiblement augmentée. Cette dernière peut être exprimée par le facteur d'amortissement

$$v = \frac{\theta_a}{\theta_i}$$

où θ_a est l'amplitude en °C des oscillations de température se présentant sur la face extérieure. θ_i est l'amplitude en résultant sur la paroi intérieure.

L'inconvénient de cette solution est d'augmenter les pertes calorifiques ou dans le cas où l'on veut conserver la même valeur pour les pertes calorifiques, la nécessité d'augmenter l'isolation des murs extérieurs.

Sur le tableau III nous avons indiqué les déperditions calorifiques des locaux déjà traités, calculées avec la modification mentionnée au point 3. On peut voir que l'excédent des déperditions calorifiques dû à la ventilation est avec cette solution plus faible et qu'il se répartit plus uniformément dans le cas de locaux d'occupations différentes.

La colonne 8 indique la température qui doit être assurée sur la face intérieure du mur extérieur ayant des fenêtres et la colonne 9 la température qui doit être assurée sur la face intérieure de l'autre mur extérieur de la salle d'angle. Nous pouvons répartir également les surfaces d'une façon analogue dans les locaux groupés. Cependant, dans ce cas, il y a lieu de ne transformer en corps de chauffe que la bande inférieure du mur intérieur dans une mesure convenable, cette bande chauffant de cette façon sur les deux orientations.

Si l'on a pris soin d'appliquer sur le mur extérieur ayant des fenêtres une couche isolante d'une résistance thermique de $\frac{S}{\lambda} = 0,7 \text{ m}^2 \text{h } ^\circ\text{C/kcal}$, les déperditions calorifiques du local ne dépassent pas celles de la chaleur des locaux de construction normale ($k = 1,3 \text{ kcal/m}^2 \text{h } ^\circ\text{C}$). Il en est de même si l'on applique sur l'autre mur des salles d'angle une couche d'une résistance thermique de $\frac{S}{\lambda} = 0,4 \text{ m}^2 \text{h } ^\circ\text{C/kcal}$. Pour alléger la construction du mur, la couche extérieure peut être réalisée en briques cellulaires, d'une épaisseur de 25 cm, complétée par une couche d'isolation en magnésie d'une épaisseur de 4 cm ou tout autre matériau isolant de valeur équivalente.

Cet ensemble est complété par une couche de béton de 4 cm d'épaisseur dans laquelle on enrobe le tube de chauffage.

Le poids total de cette construction est plus faible que celui d'un mur de briques pleines de 38 cm d'épaisseur et la perte calorifique vers l'extérieur n'est pas plus grande que la chaleur passant au travers d'un mur de briques pleines de 38 cm d'épaisseur dans le cas d'un local chauffé d'une autre façon avec une température inférieure de 20° C. Les qualités thermiques de ce mur en été sont, par contre, meilleures que celles du mur de briques de 38 cm; cela est prouvé par le facteur d'amortissement et par la valeur du déphasage ε (cette dernière valeur indique le retard avec lequel les écarts de température se présentant sur les parois des murs extérieurs se répercutent sur le plan intérieur).

$$v = 39,75$$

$$\varepsilon = 10,65 \text{ heures}$$

tandis que pour le mur de briques de 38 cm

$$v_{38} = 18,14$$

$$\varepsilon_{38} = 10,4 \text{ heures}$$

La solution décrite ci-dessus est précisée dans les travaux récents traitant de ce sujet. Nous proposons, quant à nous, que la température du fluide chauffant soit de 80-85° C en cas de chauffage à l'eau chaude et de 100° C en cas de chauffage à la vapeur à basse pression.

Les expériences faites sur des installations réalisées prouvent l'opportunité au point de vue technologique d'adopter une température d'eau $t = 80-85^\circ \text{C}$, évitant ainsi par un montage convenable la production de fissures sur le mur. A ce point de vue nous n'avons pas encore d'expérience directe pour le chauffage à vapeur, mais les panneaux en béton chauffés par la vapeur prouvent que la production de fissures peut être aussi évitée dans ce cas.

Contrairement à la pratique suivie jusqu'à ce jour, nous avons proposé dans le cas d'un chauffage par les murs l'utilisation de tuyaux de 3/8" (1 cm) qui se sont révélés convenir parfaitement dans le cas de panneaux en béton.

La figure 14 représente le chauffage d'une salle d'angle dans un étage supérieur utilisant des canalisations de 1/2" (1,25 cm) avec une température moyenne de l'eau de chauffage de $t_k = 80^\circ \text{C}$ ou un chauffage à vapeur avec canalisations de 3/8" (1 cm).

Les longueurs de tubes de chauffage nécessaires et leurs poids sont indiqués dans les colonnes 10 et 11 du tableau III concernant les deux cas traités.

Le chauffage par le mur extérieur présente, même avec l'utilisation de l'acier, au point de vue du confort et de l'encombrement une meilleure solution que le chauffage par radiateurs.

Cette installation doit être calculée de façon identique au chauffage par rayonnement placé dans le plafond en contact avec l'espace extérieur. La solution en question possède cependant l'avantage essentiel que :

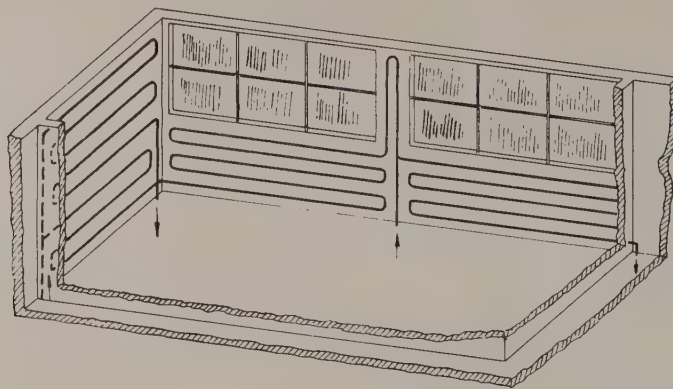


Fig. 14.

— la température superficielle est sensiblement moins limitée par les conditions de confort;

— l'isolation des murs est sensiblement moins onéreuse du fait qu'il s'agit d'une surface beaucoup plus petite à isoler;

— les travaux de montage sont plus simples et d'un coût moindre;

— on peut utiliser un fluide chauffant d'une température plus élevée et par conséquent

— l'utilisation de l'acier se justifie davantage.

Dans ce qui précède je me suis efforcé de donner un court résumé des méthodes ayant pour but de construire des installations de chauffage et de ventilation meilleure et à meilleur marché assurant une économie de métal plus grande et je ne

me suis occupé du chauffage des établissements scolaires qu'en tant qu'application principale.

Notre but est, à beaucoup de points de vue, différent de celui de beaucoup de pays occidentaux. Notre but n'est pas autant la recherche d'un meilleur confort, mais plutôt la réalisation d'installations répondant à un compromis entre les exigences hygiéniques et nos possibilités matérielles, et cela en assurant aux élèves le développement physique et moral auquel ils ont droit.

DONNÉES JUSTIFICATIVES

Nos lecteurs trouveront, dans les documents préimprimés remis aux participants des Journées 1959, trois annexes justificatives avec calculs détaillés (N. de la R.).

BIBLIOGRAPHIE

- [1] A. KOLLMAR et W. LIESE. — Hygienische und technische Gesichtspunkte zur Infrarotheizung. Considérations sur le chauffage aux rayons infra-rouges du point de vue de la santé et de la technique. *Gesundheit Ingerieur*, 1955, fascicule 1/2.
- [2] A. MISSENAUD. — Grenztemperaturen der im oberen Teil des Raumes angebrachten Strahlungsheizflächen. Températures-limites des surfaces de chauffe par rayonnement disposées à la partie supérieure du local. *Die Installation* n° 6, 1955.
- [3] A. MACSKASY. — Sugárzó fűtés gazdaságosságának megjavítása. *Épületgépészet*, 1952, 1-2 sz.
- [4] A. MACSKASY. — Die Behaglichkeit bei der Randzonen-Strahlungsheizung. La sensation de confort dans le cas de chauffage par rayonnement des zones périphériques. *Heizung Lüftung Haustechnik*, 1957, n° 5.
- [5] L. EGYEDI. — Exposé sur les qualités thermiques des bâtiments. Conférence de ventilation et climatisation de Budapest, 1958.
- [6] Zs. KOKITS. — Conférences sur la transmission de la chaleur en régime variable. Budapest, 1958.
- [7] J.F. LIVTCHAK, B.E. KONSTANTINOVA. — Éléments industriels de la ventilation des bâtiments d'habitation. *Bureau d'édition d'État pour l'Architecture et les Travaux Publics*, Moscou, 1957.

M. le Président MISSENAUD. — Je remercie et je félicite M. Macskasy de sa belle conférence. Il nous a longuement parlé d'un système de chauffage qui n'est pas encore en usage courant chez nous, à savoir ces radiateurs-panneaux qui sont des radiateurs en béton. Il nous dit qu'il n'a constaté aucune fissure avec des températures de fluide assez élevées, puisque même à la vapeur il ne se manifeste rien à la surface du béton.

Nous allons demander à M. Macskasy de nous donner des précisions sur la construction de ces panneaux en béton. Je précise que le problème est peut-être un peu spécial pour les pays de l'Est et qu'il intéresse peut-être moins directement les pays de l'Ouest, en ce sens que la pénurie de métal ou un souci d'économie de métal fait qu'à l'Est on cherche à émettre par kilo d'acier un nombre de calories aussi grand que possible.

M. MASCKASY. — Les panneaux sont réalisés en béton ou en pierre reconstituée. Étant donné que ces panneaux sont encore dans une phase expérimentale, le meilleur dosage du ciment n'est pas encore déterminé définitivement. Pour les premières réalisations le dosage était de 500 kg par mètre cube de béton. La réalisation de ces éléments est simple, elle se fait suivant les méthodes de la maçonnerie.

Chauffage et ventilation des établissements scolaires

CHAUFFAGE ET VENTILATION DES ÉTABLISSEMENTS SCOLAIRES EN ITALIE

par **F. SQUASSI**

Ingénieur.

M. le Président MISSENARD. — Le programme appelle maintenant à la tribune M. Squassi que je vous présenterai quand même, bien que ce soit tout à fait inutile.

Le Docteur-Ingénieur Francesco Squassi est presque aussi connu en France qu'en Italie, ce qui n'est pas peu dire.

Il fut à la fois professeur de construction de machines électro-techniques et installateur. Ses travaux sur les problèmes de chauffage et de ventilation font autorité, et en particulier il s'est spécialisé dans l'étude du chauffage par radiation. En 1950 il présida le congrès international du chauffage à Rome. Pour couronner une si belle carrière, l'Institut Français des Combustibles et d'Énergie lui décerna, le 21 octobre 1958, sa médaille d'or, récompense très rare et justement appréciée.

DISPOSITIONS GÉNÉRALES

Actuellement le chauffage et la ventilation des établissements scolaires en Italie sont réglés avant tout par l'arrêté du P. R. 1.12.1956 N. 1688, qui contient les normes spéciales pour les bâtiments et les installations inhérentes aux édifices destinés aux écoles.

Pour le chauffage, la température ne doit pas être inférieure à 15 ou 16 °C et, quand cela ne se produit pas, dans les conditions climatiques naturelles, on doit prévoir une installation de chauffage. Quant au système à choisir il faut :

a) Préférer les systèmes centraux à circulation d'eau chaude de toutes façons, des systèmes qui ne permettent pas des variations rapides de température, qui distribuent uniformément la chaleur, qui ne présentent aucune sorte de danger, ni exigent du personnel spécialisé pour leur conduite. Les radiateurs doivent être placés contre les parois extérieures, au-dessus du sol et composés d'éléments parfaitement isolés et à une distance, l'un de l'autre, suffisante pour permettre un nettoyage facile.

b) Adopter, suivant le cas, d'autres solutions qui, tout en assurant le chauffage avec la moindre dépense, s'adaptent le mieux aux usages, possibilités et exigences locales.

c) Éviter, dans tous les cas, que les surfaces chauffantes atteignent des températures trop élevées et décomposent la poussière de l'air.

d) Exclure tout appareil de chauffage à combustion n'étant pas pourvu de conduit d'évacuation des produits de la combustion ou dont les parois ne sont pas parfaitement imperméables.

Il n'existe aucune disposition concernant la ventilation.

D'autre part, le « Manuel de l'Architecte », du Conseil National des Recherches contient les prescriptions suivantes :

Quel que soit le système de chauffage, la température des

salles d'enseignement doit être maintenue entre 15° et 16° tandis que pour les douches et toilettes elle doit être au moins de 18° C, et dans les couloirs et salles de gymnastique d'environ 14° C.

Pour la ventilation le seul conseil qui figure est de disposer, quand c'est possible, le groupe des locaux d'hygiène dans un bâtiment à part, car cette disposition permet une excellente ventilation et évite de mauvaises solutions.

Pour le reste, le système de chauffage à adopter est prescrit dans les cahiers de charges rédigés par les administrations, selon des schémas plus ou moins conventionnels et, pour la plupart, ils ne présentent pas des conditions particulièrement remarquables et dignes d'être soulignées.

Parmi les dispositions locales, c'est-à-dire communales, les plus importantes sont celles du Service des Travaux Publics de la Ville de Milan qui sont suivies de façon très voisine par d'autres villes nationales :

1. Système de chauffage à eau chaude (80-85°) à circulation naturelle pour les petits édifices et circulation forcée, au moyen de pompe à basse pression (2-3 m) pour les bâtiments moyens et grands.

2. Salles, couloirs, W.C., halls et escaliers desservis au moyen de l'installation principale; services tels que direction, secrétariat, sanitaires, garde, etc., desservis par une petite installation indépendante pour obtenir économie de conduite.

3. Chaudières avec brûleurs à mazout, avec fonctionnement complètement automatique, quand c'est possible, pour réduire les dépenses autant de combustibles que de main-d'œuvre.

4. Corps de chauffe : généralement radiateurs en fonte ou en acier, sauf pour les locaux spéciaux tels que ateliers, salles de culture physique etc., pour lesquels sont prévus de nombreux aérothermes pouvant être alimentés à eau chaude à 100° C, avec la possibilité d'arrêt partiel suivant les besoins.

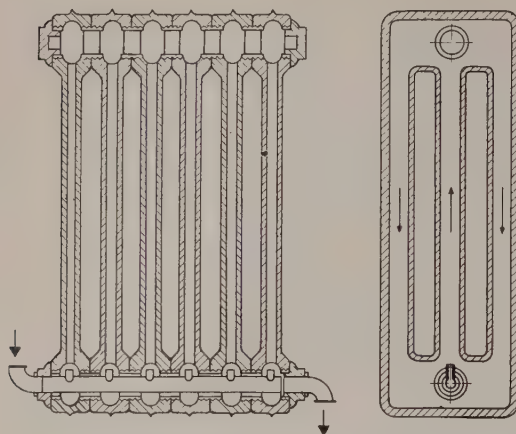


Fig. 1. — Chauffage à vapeur basse pression avec brassage d'air.

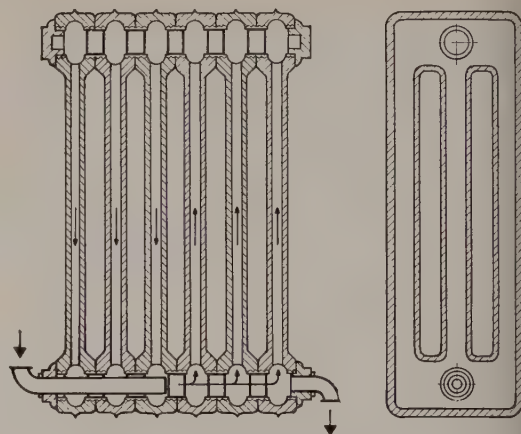


Fig. 2. — Variante au même système de chauffage que celui de la figure 1.

5. Auditorios, utilisés de temps en temps, chauffés à air chaud, avec rechauffeurs et ventilateurs centraux.

CHAUFFAGE

Les premières installations de chauffage dans les établissements scolaires furent exécutées en Italie avec le système à vapeur à basse pression car, par suite du moindre poids spécifique et de la moindre chaleur spécifique par rapport à de l'eau chaude, il se prêtait mieux à la réduction de durée

de mise en régime du chauffage, ce qui convient parfaitement à un programme de fonctionnement éminemment discontinu avec des interruptions d'environ seize heures sur vingt-quatre.

C'étaient, en général, des systèmes ouverts, c'est-à-dire avec le retour d'eau de condensation en communication avec l'atmosphère, dans lesquels la régulation de la température dans les locaux ne pouvait être faite qu'imparfaitement, avec variation de la pression de la vapeur qui ne permettait pas de petites valeurs et qui devait être complétée en limitant les heures de fonctionnement des installations moyennant l'introduction d'une ou de plusieurs discontinuités du chauffage.

RÉSUMÉ

Après avoir rappelé succinctement les règles directrices auxquelles doit satisfaire un système de chauffage d'établissements scolaires, le conférencier rappelle que dans les premières installations réalisées en Italie il a été fait emploi de vapeur basse pression. Les caractéristiques de ce fluide furent rapidement améliorées avec le Système Koerting; malgré ces améliorations la majorité des installations de chauffage est actuellement assurée par l'eau chaude.

Dans certains cas particuliers, tel celui de la Ville de Turin, l'utilisation du courant de nuit permet un emploi rationnel de l'énergie électrique produite par les centrales des Alpes. L'énergie est accumulée dans de grands réservoirs d'eau chaude ou dans des masses de matières inertes enfermées dans les corps de chauffe des locaux.

Passant aux grands établissements situés dans des centres urbains, le conférencier mentionne l'utilisation des vapeurs de décharge ou de soutirage de turbo-alternateurs.

La ventilation est le plus souvent réduite à la ventilation naturelle avec prises d'air à l'extérieur disposées soit à la partie basse de l'édifice, soit au niveau du radiateur avec ouverture coulissante.

Pour le conditionnement, un exemple intéressant utilise le mélange d'air provenant de deux collecteurs, l'un d'air chaud de 30° à 45°, le second d'air froid à 15° avec servo-commandes et diffuseurs étudiés spécialement. Un système de filtrage de l'air peut éventuellement le compléter.

SUMMARY

After a brief review of the regulations governing heating systems in school buildings, the lecturer points out that the first systems installed in Italy were low pressure steam systems. The characteristics of this heating medium were improved by adoption of the Koerting system. In spite of these improvements, the majority of heating systems at the present time are hot water systems.

In certain individual cases, such as that of the city of Turin, the use of electric current at night makes possible a rational utilization of the electric energy produced by the power plants of the Alps. The energy is stored in vast water reservoirs or in masses of inert materials enclosed in the heating elements of the buildings.

Continuing with a discussion of central heating systems in urban centers, the lecturer mentions the use of discharge or bled steam from turbo-alternators.

Ventilation is generally restricted to natural ventilation with exterior air intakes either at the lower part of the building or at the radiator level with sliding ventilation openings.

An interesting example of air conditioning utilizes a mixture of air from two separate collectors, one for warm air at 30 to 45° C, the other for cold air at 15° C with specially designed power operated controls and diffusers. The system can be provided with an air filter system.

la Société Koerting de Hannover, qui fut la première à introduire en Italie le chauffage central et qui exécuta la plus grande partie des installations dans les édifices scolaires, apporta l'amélioration au système ordinaire à basse pression, en permettant d'abaisser la température de surface des radiateurs.

L'on introduit la vapeur dans chaque élément par le raccord supérieur, au moyen d'une tuyère inférieure de distribution, le produit, sous l'action des jets de vapeur, un courant déboulonnant d'un mélange de vapeur et d'air, s'élevant dans la colonne du radiateur où la vapeur a été injectée et descendant dans les autres avec pour résultat d'obtenir une température du mélange air-vapeur, d'autant plus inférieure à celle de la vapeur seule, que sa pression sera plus basse.

Une variante plus simple de ce système prévoit seulement un prolongement du tube d'arrivée de la vapeur à l'intérieur du radiateur.

Le brassage du mélange d'air et de vapeur présente des avantages techniques et hygiéniques vis-à-vis du chauffage ordinaire à vapeur basse pression, avec introduction de vapeur par la partie supérieure du radiateur.

Une des installations les plus importantes exécutées suivant ce système, nommé à vapeur tempérée et même à circulation d'air et vapeur, a été celle du chauffage de l'Académie Américaine au Gianicolo à Rome, comprenant plusieurs locaux écoles et d'ateliers de peinture, sculpture et architecture et un séjour pour les artistes élèves de l'Académie.

Mais les installations à vapeur basse pression devaient plus tard céder complètement la place au système de chauffage à eau chaude, principalement parce que ayant été très mal exécutées par plusieurs maisons, elles avaient été la cause de déceptions de la part des utilisateurs qui, généralement, étaient persuadés que les défauts étaient inhérents au système. On peut comprendre que la cause de leurs déboires étaient dus à une mauvaise exécution.

D'autre part, par l'introduction de nouveaux types plus perfectionnés de radiateurs en fonte et plus encore en tôle d'acier et tout grâce à l'emploi de la circulation forcée de l'eau chaude au moyen de pompes, on avait réussi à réduire beaucoup les poids du métal et du contenu d'eau des installations à eau chaude, de telle sorte que la période de mise en régime pouvait être sensiblement réduite. Depuis quelques dizaines d'années, on a délaissé pour le chauffage des établissements scolaires, le système à vapeur à basse pression et on a adopté presque partout l'eau chaude.

Chauffage électrique.

Il semble, à première vue, que, théoriquement, l'électricité puisse économiquement être employée pour des usages thermiques, que lorsque le prix du kWh soit par rapport à celui du combustible au maximum égal au rapport de son pouvoir calorifique et de la chaleur équivalente du kWh, c'est-à-dire 864 kcal/h.

Prenant pour base un charbon normal de pouvoir calorifique de 7000 kcal/kg, l'équivalence théorique serait alors de 800/864, c'est-à-dire d'environ 8 kWh, contre 1 kg de charbon.

L'on tient compte des différences de rendement entre les appareils utilisateurs du charbon et ceux utilisant l'énergie électrique, on peut faire descendre cette équivalence jusqu'à 5, leur très élevée et obligeant à baisser beaucoup le prix de l'énergie électrique, pour atteindre la parité du coût des deux pièces d'énergie.

Or la Ville de Turin s'est trouvée dans des conditions particulièrement favorables pour la distribution à la ville, d'énergie électrique (provenant des centrales hydroélectriques utilisant les chutes d'eau des Alpes) due aux périodes de surproduction, durant lesquelles, pendant la nuit, lorsque les industries ne travaillent pas ou presque pas, le réseau n'absorbe qu'une

partie de l'eau disponible. Les réservoirs d'accumulation étant insuffisants, l'eau déverse alors aux trop-pleins et coule inutilement dans les canaux de dérivation.

Ainsi, pendant la nuit la ville est à même de vendre l'énergie électrique à un prix réduit à la moitié de celui fixé pour le jour, en se limitant à certaines utilisations de chauffage et d'autres applications thermiques analogues.

Si l'on considère en outre que la Ville de Turin est propriétaire des écoles pour l'instruction primaire et que la puissance pour le chauffage de ces édifices peut être le matin considérablement réduite, dès que les salles sont occupées par les écoliers (par suite de leurs apports de chaleur), on peut concevoir comment est venue l'idée de chauffer ces bâtiments avec l'énergie électrique produite pour la plus grande partie pendant la nuit et accumulée sous forme d'eau chaude dans des réservoirs centraux, ou comme chaleur latente accumulée dans des matières inertes enfermées dans les mêmes corps de chauffe des locaux.

Or, l'Administration de la Municipalité de Turin, en collaboration avec son Bureau Technique et de la Distribution d'Énergie Électrique, décida en 1932-1933 d'adopter le chauffage électrique pour quelques grands édifices, notamment pour plusieurs écoles, pour des théâtres et d'autres bâtiments, compte tenu des caractéristiques d'exploitation, des disponibilités d'énergie de ses centrales hydroélectriques et des possibilités de son réseau urbain de distribution.

École Emanuele Filiberto duca d'Aosta. — Le chauffage de cet édifice, d'un volume de 22 500 m³, a été exécuté avec une installation à eau chaude à circulation forcée et accumulation d'eau chaude pour utiliser exclusivement l'énergie nocturne.

L'eau chaude est produite dans deux chaudières électriques horizontales à 500 V, pourvues de rechauffeurs du type « Calrod », dont la puissance totale est de 750 kW, c'est-à-dire d'environ 3,2 kW installés pour 100 m³ de locaux chauffés.

Les éléments chauffants sont branchés de telle façon qu'il est possible d'insérer 1/3, 2/3 et 3/3 de la puissance de chaque chaudière. La puissance totale peut être ainsi réduite à 1/6 de sa valeur maximale.

Pour l'accumulation de l'eau chaude ont été installés six réservoirs de 10 m³ chacun.

Le chauffage proprement dit comprend 1320 m² de radiateurs et a été calculé pour pouvoir utiliser jusqu'à la température de 40-45° l'eau chaude accumulée.

Pour la distribution, on dispose de cinq circuits complètement séparés entre eux; direction, salles de classes, couloirs, salles de gymnastique, piscine, douches, cabinets de toilette.



Fig. 3. — L'école Emanuele Filiberto duca d'Aosta à Turin.

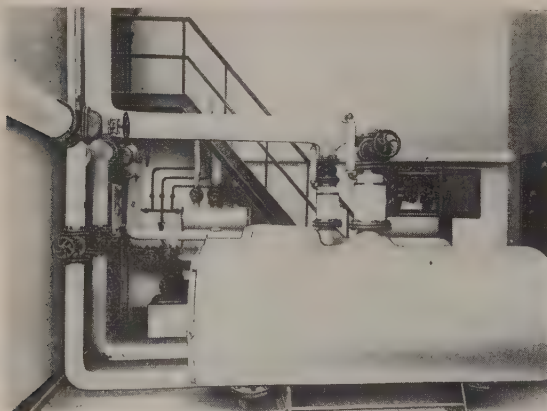


Fig. 4. — Chaudière électrique à eau chaude du type horizontal.

La circulation entre la chaudière et les réservoirs de chauffage de l'eau (toujours jusqu'à la température de 95°), est faite naturellement, c'est-à-dire par thermosiphon.

La circulation pour l'installation de chauffage des locaux ayant une puissance de 630 000 kcal/h, est obtenue au moyen de pompes et les tuyauteries sont disposées de façon à pouvoir chauffer indépendamment les divers groupes de locaux et à alimenter les radiateurs des salles de classes par de l'eau chaude à température différente de celle des autres locaux, ce qui permet de tenir compte de l'apport naturel de la chaleur dû aux occupants.

La température maximum de l'eau envoyée aux radiateurs n'est pas supérieure, dans tous les cas, à 80° C, car celle provenant des réservoirs à 95° C est opportunément mélangée avec de l'eau de retour.

Les chaudières peuvent même alimenter directement l'installation, ce qui pratiquement arrive le matin avant 7 heures, quand le chauffage des réservoirs est terminé, et c'est pour cela que les chaudières électriques ont été installées séparément, au lieu d'utiliser directement les réchauffeurs électriques dans les réservoirs.

La circulation naturelle lente entre chaudières et réservoirs permet de régler l'accumulation, limitant la hauteur de l'eau chaude dans les réservoirs.

Fig. 5. — L'école Duca degli Abruzzi à Turin



La régulation du chauffage est faite naturellement, mais on pourrait appliquer facilement la régulation automatique.

Le coût de l'installation complète de chauffage, chaudières électriques et accumulateurs compris, la seule cabine de transformation exclue, n'est que de 15 % supérieur à celui d'une installation courante à eau chaude, à charbon ou à mazout.

Une installation analogue, comme type et importance, à celle qui a été exposée ci-dessus a été faite pour l'école municipale Duca degli Abruzzi.

Dans une autre école, la Maternelle « Principessa di Piemonte », ayant un volume d'environ 4000 m³, le chauffage électrique a été réalisé par des radiateurs spéciaux à récupération d'énergie, qui se présentent sous forme de tuyaux lisses d'environ 16 cm de diamètre et de longueur variable, avec des réchauffeurs du type « Calrod » disposés selon l'axe. Entre eux et l'enveloppe est placé le matériel accumulateur de la chaleur.

L'élément ainsi constitué absorbe la chaleur produite par le courant électrique dans la période de charge jusqu'à atteindre la température déterminée de régime à laquelle toute la chaleur fournie est intégralement émise au local. Quand le courant est coupé, la période de décharge se prolonge pour une durée d'environ trois heures.

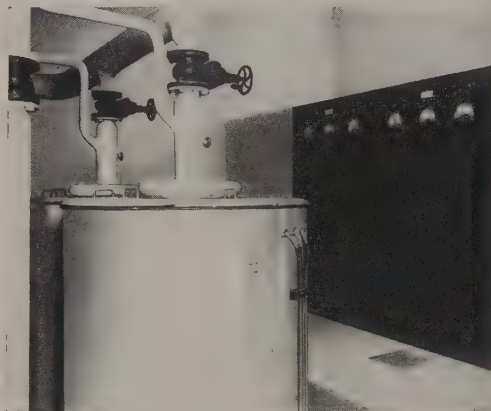


Fig 6. — Chaudière électrique à eau chaude du type vertical.

Ce système ne permet pas d'utiliser seulement la totalité de l'énergie nocturne comme dans les cas précédents, mais au moins sa plus grande partie. En outre l'apport nécessaire d'énergie diurne ne coïncide pas avec la pointe maximum de la charge lumière et force, mais tombe au contraire au voisinage du minimum du diagramme de charge (12-14 h).

La puissance totale des radiateurs installés est d'environ 200 kW (5 kW pour 100 m³ de locaux chauffés), valeur qui n'est pas excessive si l'on considère que les bâtiments sont à un seul niveau, avec couverture plate et de grands vitrages.

L'installation est pourvue d'une régulation automatique constituée de deux appareils, l'un est thermostatique et l'autre sert au contrôle.

Ces systèmes de chauffage électrique ont été étendus à d'autres édifices municipaux, tels que le palais « Madama », destiné au Musée d'Art, les théâtres « Carignano » et « Reale », le sanatorium S. Louis Gonzaga, la « Station de désinfection », avec des adaptations à ces différents types de construction. L'exploitation a donné des résultats très satisfaisants. La quasi-

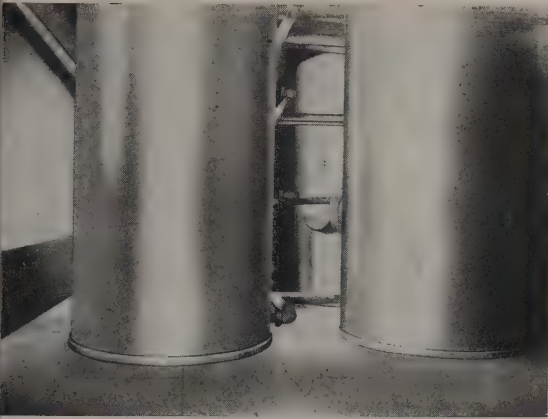


Fig. 7. — Réservoirs d'eau chaude.

alité des installations électriques a été faite par la Maison Ing. Francesco Squassi ».

Les installations de chauffage par rayonnement pour les écoles, soit par le plafond, soit par le sol, ont donné des résultats satisfaisants, particulièrement parce qu'elles assurent une distribution assez uniforme de la température dans les locaux ; parmi les Maisons italiennes, c'est la « de Micheli » de Florence qui a réalisé des exemples intéressants.

Dans le cas d'édifices scolaires comprenant des salles avec grands vitrages et, encore plus, quand il s'agit de locaux à caractère industriel, tels que laboratoires ou locaux analogues, dans lesquels il est nécessaire de faire varier rapidement l'émission de chaleur en fonction des variations d'occupation et de température extérieure, il a fallu adopter les chauffages par rayonnement présentant une faible inertie, comme par exemple, les panneaux aériens « Sunstrip », modifiés pour obtenir un bon résultat esthétique, ou des panneaux « Crittal Quick-Ray », ou encore des panneaux Frenger.

Ces deux derniers ont également des propriétés acoustiques intéressantes et ils peuvent d'autre part fonctionner à eau chaude à température élevée.

Et, comme on doit chauffer en même temps ou à des périodes différentes d'autres locaux pourvus de radiateurs courants à basse température, on a disposé deux réseaux de distribution fonctionnant à des températures différentes ; la température basse étant obtenue par mélange avec l'eau de retour aux générateurs de chaleur auxquels d'autre part, peuvent fonctionner soit à haute, soit à basse température.

Ces modalités permettent d'obtenir une plus grande indépendance de conduite du chauffage des deux groupes de locaux.

Avec ces systèmes, la Maison de Micheli a exécuté les installations de l'École Primaire du Quartier Straccia à Gorizia, de l'Institut Berna de Mestre et de l'École Hôtelière de Stresa.

Par suite de la notable atténuation des bruits dans les salles de classe, on obtient une plus grande attention de la part des élèves et il serait désirable de pouvoir employer davantage ces systèmes thermo-phono-absorbants. Malheureusement leur prix élevé l'empêche.

Quand les établissements scolaires sont de grande importance et comprennent plusieurs bâtiments, situés à une distance plus ou moins grande les uns des autres, les installations de chauffage dépendent des caractéristiques des chauffages de zones urbaines et elles sont alors exécutées selon les meilleures

dispositions imaginées pour ces grandes applications de la production et de la distribution de la chaleur, fréquemment accouplées à celles de l'énergie électrique.

Généralement, on utilise la vapeur de décharge ou de soutirage des turbo-alternateurs pour la distribuer aux centres d'utilisation, ou pour chauffer à haute et quelque fois à basse température, qui est réglée au départ de la centrale de production, l'eau chaude, qui est pulsée par des pompes et qui va alimenter, à l'intérieur des édifices, les systèmes de chauffage particuliers au moyen de sous-stations d'utilisation.

S'il n'y a pas de production d'énergie électrique, on préfère, pour la plus grande simplicité, employer des générateurs directs d'eau surchauffée plutôt que de l'obtenir par condensation de la vapeur.

Les caractéristiques de ces installations étant communes à celles des chauffages pour zones urbaines, nous ne jugeons pas nécessaire d'en faire ici des descriptions particulières, car ce genre d'installation est désormais entré dans la pratique et généralement bien connu.

Parmi les exécutions les plus récentes, ayant une certaine importance, faites en Italie par la même Maison de Micheli de Florence, on peut citer l'installation pour le « Centre Universitaire de Trieste », qui comprend aussi la production et la distribution d'énergie électrique, dont le fluide de circulation est l'eau à basse température de 95° C ; les « Cliniques Universitaires de Florence » avec chaudières et distribution d'eau surchauffée à 180° C et la grande installation de la « Ville Universitaire de Rome » d'une puissance de 9 000 000 kcal/h, à eau chaude à 90° C, produite par deux chaudières Velox de la Maison suisse Brown-Boveri, fonctionnant au fuel léger, aptes à la production forte et soudaine de chaleur selon les exigences des Instituts Universitaires desservis.

VENTILATION

Comme il n'existe pas en Italie de prescriptions officielles pour la ventilation des écoles, on s'est limité en général à utiliser la ventilation naturelle, basée seulement sur les différences de pression dépendant des différences de température entre l'air extérieur et l'air intérieur.

Quant on ne s'est pas limité à utiliser les vastes des fenêtres, on a disposé des gaines d'aspirations verticales avec bouche d'entrée réglable près des planchers et aboutissant pour la sortie à une certaine hauteur au-dessus de la couverture (toit ou terrasse) et pourvues aux sommets d'aspirateurs fixes ou mobiles pour favoriser l'écoulement de l'air.

Les radiateurs du chauffage sont placés sous les fenêtres et une ouverture communiquant avec l'extérieur, munie d'une fermeture à coulisse ou à clapet réglable, permet l'entrée de l'air extérieur.

Ce système de ventilation, quoique imparfait, parce que basé sur des conditions de température variables, indépendantes des besoins réels de renouvellement d'air, est encore couramment employé.

CONDITIONNEMENT D'AIR

En Italie il faut signaler l'exemple très intéressant de conditionnement d'air de l'école primaire de Garbagnate près de Milan, quoiqu'il ne s'agisse pas d'un grand édifice car, ne disposant que de douze classes, il peut abriter seulement quatre cents élèves.

Le projet, l'exécution de l'installation et tout le matériel employé, sauf les appareils de régulation, sont de la maison

« Dell'Orto Chieriegatti » de Milan, qui a adopté le système dénommé « à double conduite ».

Ce moyen moderne de distribution de l'air conditionné dans les locaux, exige un double réseau de gaines qui alimentent pour chaque local, ou groupes de locaux, un appareil de mélange pourvu de deux branches, dont l'une pour le « conduit chaud » et l'autre pour le « conduit froid », dérivés respectivement des conduits convoyant l'air chaud et l'air froid.

Le mélangeur est pourvu d'une vanne à la sortie du conduit chaud et d'une autre à la sortie du conduit froid. Les deux vannes sont liées entre elles de façon à maintenir constant le débit total en variant leur ouverture et sont commandées par une servo-commande pneumatique pilotée par un thermostat situé dans le local alimenté par le mélangeur.

Les douze classes du bâtiment sont pourvues de mélangeurs avec un organe diffuseur incorporé, tandis que les groupes des services et les atriums sont servis par des mélangeurs liés à de très simples réseaux de gaines d'air à basse vitesse, qui aboutissent à des bouches d'entrée normales.

La salle de gymnastique, à demi-enterrée, est desservie par quatre appareils de l'étage type en commun avec les groupes de services adjacents.

Les diffuseurs du type rectangulaire fixés aux mélangeurs sont pourvus d'un diffuseur particulièrement étudié pour

obtenir un notable effet d'induction. En effet, à travers la partie inférieure du diffuseur, l'air du local est aspiré et mélangé avec l'air traité de façon à obtenir une sensible réduction de la différence de température entre celle effective d'introduction de l'air et celle du local. On sait, en effet, que cette différence est souvent cause de gêne pour les personnes qui occupent les locaux conditionnés.

Pendant toute la saison d'hiver la température du conduit froid est maintenue à environ 15° C, tandis que la température du conduit chaud varie d'environ 30° C jusqu'à environ 45° C selon la température extérieure.

L'installation est équipée d'un réseau de reprise de l'air des locaux conditionnés : classes, atriums et salle de gymnastique qui peut, moyennant une manœuvre automatisée, être remis en circuit exceptionnellement pour la mise en régime de l'installation, tandis que, normalement, il est écoulé à l'extérieur. Les services, au contraire, sont pourvus de bouches d'évacuation complètement indépendantes. La centrale de conditionnement est constituée par une chaudière à gaz naturel pour la production de l'eau chaude d'alimentation des batteries chauffantes, de deux pompes de circulation, d'un conditionneur, d'un ventilateur général, d'un ventilateur pour les services, d'un compresseur d'air pour la régulation pneumatique.

Cette dernière est constituée dans son ensemble des appareils suivants :

Un thermostat à point fixe qui contrôle la température de préchauffage et l'humidification, une couple de thermostats « master-submaster » qui contrôle la température du conduit chaud.

Les thermostats pilotent deux vannes servo-commandées du type à trois voies, situées sur les batteries respectives. Une couple de pressostats opère la régulation de la pression dans les deux conduits au moyen de deux vannes servo-commandées afin de maintenir pratiquement constantes les pressions sur les vannes des mélangeurs.

Ce système se prête avantageusement, non seulement à la ventilation, mais aussi au chauffage, spécialement des salles de classe, étant donné la nécessité d'une rapide mise en régime pendant la période de préchauffage, les nécessités d'abord d'une ventilation convenable pendant la présence des élèves, ensuite de compenser les apports de chaleur des occupants qui sont importants et presque instantanés.

Quand, par suite des conditions locales de la construction, l'application de ce système centralisé exigerait un développement important des doubles conduits d'air, qui serait coûteux, on peut employer un système basé sur des principes analogues mais décentralisé, moyennant l'application de groupes autonomes, placés sous les fenêtres, chacun pourvu d'une prise d'air extérieur et d'une prise d'air intérieur, d'un ventilateur et d'appareils de réglage indépendants.

Ces groupes peuvent éventuellement être complétés par des filtres d'air et dans les climats plus froids il est opportun d'ajouter un radiateur de postchauffage de l'air mélangé, pour avoir le chauffage demandé.

Une importante installation de ce genre est celle récemment exécutée, sous l'indication de M. l'ing. Gini, par la Maison « Termoventil » de Milan, près de la même ville, dans les salles d'école de la SNAM à Saint Donat, le grand centre d'extraction et d'utilisation de gaz naturel, où l'on emploie pour le chauffage et le conditionnement une puissance thermique de 50 000 000 kcal/h.

Enfin, je me borne à : iter, pour l'importance des nombreuses installations de chauffage, ventilation et conditionnement d'air réalisées à Milan, le nouveau siège, récemment reconstruit de la « Società Umanitaria », comprenant une centrale thermique de 3 000 000 kcal/h avec distribution du type urbain, et une

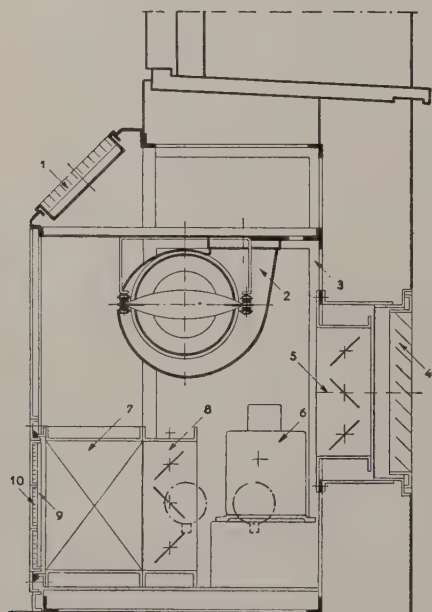


Fig. 8. — Conditionneur d'air localisé.

1. Bouche de sortie de l'air conditionné.
2. Ventilateur.
3. Châssis à maçonner.
4. Grille de prise d'air extérieur.
5. Registre de réglage d'air extérieur.
6. Petit moteur de modulation des registres.
7. Batterie de radiateurs.
8. Registre de réglage d'air de recyclage.
9. Filtre en paille de fer.
10. Grille de prise d'air de recyclage.

entrale de puisage d'eau à 13° C du sous-sol pour alimenter avec un débit de 70 m³/h les nombreux blocs de conditionnement d'air situés dans plusieurs bâtiments comprenant des salles de classe, laboratoires légers, laboratoires lourds, salle du livre, collèges, etc...

es installations à l'intérieur des bâtiments, et surtout celles de conditionnement, sont très variées, en fonction des exigences de chaque groupe de locaux.

tous n'en faisons pas une description particulière, parce

que nous désirons ne pas dépasser les limites accordées à notre communication.

Pour conclure, on peut souligner qu'en Italie les instituts publics et privés n'ont pas tardé à appliquer aux bâtiments scolaires tous les nouveaux perfectionnements qui surtout ces dernières années, ont été introduits dans la technique du Chauffage, de la Ventilation et du Conditionnement d'Air, pour mettre à la disposition des professeurs et des élèves les meilleures conditions d'ambiance pour leurs études et travaux, de façon qu'ils puissent obtenir dans les locaux occupés, les meilleurs résultats possibles.

NOTE COMPLÉMENTAIRE A L'EXPOSÉ DE M. SQUASSI

En général les hygiénistes, architectes et ingénieurs ne se sont pas préoccupés d'étudier des installations particulières dans les écoles.

L'installation idéale pour les salles de classe est celle qui a été décrite et illustrée dans le rapport comprenant, en particulier, l'installation d'appareils sous les fenêtres.

Il faut noter que les caractéristiques de chauffage doivent satisfaire à la nécessité d'une rapide mise à régime de température au commencement des cours et à celle d'une ventilation pendant la présence des élèves en vue de compenser les apports de chaleur des occupants, apports qui sont importants presque instantanés.

Certes, le problème présente un grand intérêt au point de vue du calcul, si l'on veut tenir compte des divers facteurs qui entrent en jeu, tels que les pertes calorifiques en fonction de la température de l'air extérieur, les apports de chaleur, la nécessité de renouvellement d'air, etc...

Les appareils utilisés doivent, dans leurs caractéristiques, présenter deux clapets, l'un de prise d'air extérieur direct, pour chauffage et l'autre, faisant contraste permettant la recirculation de l'air, ils sont placés sur l'aspiration d'un ventilateur ils sont commandés par un thermostat local. Jusqu'à ce que la température de 18° soit atteinte, le clapet de l'air extérieur est fermé et l'autre est ouvert. Lorsque la température de l'air de la salle tend à augmenter, en raison même de la présence des occupants, le clapet d'air extérieur s'ouvre graduellement et automatiquement.

Pour les climats italiens ce dispositif est suffisant; pour des climats plus froids et au cours des journées où la température extérieure est très basse, il est opportun, pour obtenir le mélange d'air à la température désirée, de prévoir un post-chauffage de l'air de mélange.

Ces appareils, le cas échéant, peuvent être complétés avec des filtres et des humidificateurs, bien que ces derniers

soient superflus, étant donné l'humidité apportée par les élèves.

L'air introduit sort par les vestibules ou, mieux encore, par des gaines.

Un grand nombre de ces appareils a été récemment installé dans les salles de classe d'une école à San Donato (près de Milan) et ils ont fonctionné dans de très bonnes conditions, confirmant ainsi les prévisions escomptées.

Le système centralisé est moins à conseiller, d'abord parce qu'il est plus coûteux, à cause des réseaux de canalisations et aussi parce que l'air pollué provenant des classes occupées est renvoyé dans les salles où l'air est normal.

En général, dans les salles des écoles, il n'est pas prévu de conditionnement d'été, parce que les écoles sont fermées pendant les mois les plus chauds. À noter également que pendant l'hiver, si la saison n'est pas trop froide, on se contente d'ouvrir les fenêtres dans les intervalles entre les différentes leçons, ce qui permet de refroidir les locaux chauffés par les systèmes ordinaires, et de renouveler l'air et cela pour d'évidentes raisons d'économie.

Les inconvénients que l'on constate dans les installations existantes sont bien connus, à savoir :

Dans les installations avec radiateurs, dans lesquels l'air est renouvelé grâce à l'ouverture des fenêtres, les courants froids sont une cause de gêne pour les occupants; l'entrée d'air par ouverture derrière les radiateurs complétée par des gaines d'extraction s'est démontrée insuffisante et ne permet pas un réglage correct de la température.

La thermoventilation, si elle est faite en totalité avec de l'air extérieur, détermine des gaspillages de chaleur très importants. Si elle est réalisée pour la totalité ou, en partie, avec de l'air de recirculation provenant des différentes classes, elle détermine une diffusion des odeurs.

DISCUSSION

M. LE PRÉSIDENT MISSENARD. — Quelles sont les températures désirées, et à quel niveau ?

M. SQUASSI. — 15 ou 16° C à 1,50 m.

M. LE PRÉSIDENT MISSENARD. — D'un autre côté vous n'avez parlé nulle part, ou cela m'a échappé, du volume d'air nécessaire.

M. SQUASSI. — Je ne l'ai pas donné, mais pour les écoles primaires on estime que 20 m³/h par enfant sont suffisants. Dans les universités et autres, où ce ne sont plus des bambins, on conseille 30 m³/h.

M. LE PRÉSIDENT MISSENARD. — Vous nous avez parlé du chauffage à vapeur, je crois que vous serez d'accord avec nous sur le fait que c'est un procédé qui vraiment doit maintenant être abandonné pour les écoles. Si vous le voulez bien nous reverrons, dans la synthèse des communications les différents points que vous avez soulevés. Je ne crois pas en particulier que le chauffage électrique présente beaucoup d'intérêt, tout au moins dans la majorité des pays d'Europe, parce qu'il est vraiment trop coûteux.

M. SQUASSI. — J'ai voulu en faire la description, c'est un cas rare mais quand même intéressant.

Chauffage et ventilation des établissements scolaires

LE CHAUFFAGE DANS LES LOCAUX SCOLAIRES EN FRANCE

par **M. C. CHARGRASSE**

Chef de service au centre scientifique et technique du bâtiment.

M. le Président MISSENAUD. — Ingénieur des Arts et Manufactures, M. Chargrassse est un des collaborateurs du Centre Scientifique et Technique du Bâtiment. Comme vous le savez, ce Centre a pour mission d'élaborer des règles techniques concernant les différentes constructions, en particulier les bâtiments administratifs. C'est ainsi que M. Chargrassse a eu l'occasion de se pencher sur le problème des écoles, et il va nous exposer les conceptions du Centre Scientifique et Technique du Bâtiment dans ce domaine.

I. RÉGLEMENTATION

Si les locaux scolaires sont soumis à des prescriptions ministérielles réglementant leur surface, leur destination, leur affectation et leur accès, ils ne sont par contre, assujettis à aucune réglementation particulière du seul point de vue du chauffage. Toutefois, les établissements scolaires étant considérés au regard de la législation française comme des établissements recevant du public, il y a lieu d'appliquer le règlement de sécurité contre l'incendie approuvé par le Ministre de l'Intérieur.

Ce règlement de sécurité définit d'abord les dispositions que doivent réaliser les chaufferies et les soutes à combustibles : facilités d'accès, libre circulation autour des générateurs, indications sur les plans des appareils de sécurité et de contrôle. Il prescrit ensuite que les installations et les appareils doivent être conformes aux normes françaises et aux règles professionnelles. Il donne enfin des prescriptions concernant les corps de chauffe, les générateurs, les circuits ainsi que le chauffage à air chaud et le contrôle des dispositifs de sécurité. Il n'est pas inutile de rappeler les prescriptions principales.

RÉSUMÉ

En premier lieu l'auteur rappelle les dispositions réglementaires que doivent réaliser les chaufferies et les soutes à combustibles, les normes auxquelles doivent répondre les installations et les appareils, et les prescriptions concernant les corps de chauffe, les générateurs, les circuits, ainsi que le chauffage à air chaud et le contrôle des dispositifs de sécurité.

Ces dispositions prises pour assurer au maximum la sécurité des personnes en cas d'incendie, n'interviennent pas sur la conception même du chauffage mais augmentent les difficultés d'installation.

Les bâtiments abritant les classes, les laboratoires et les salles d'étude doivent répondre à certaines conditions que l'auteur énumère ensuite.

Puis un paragraphe est consacré aux bases de calcul servant à l'étude thermique du bâtiment envisagé.

En dernier lieu l'auteur traite des installations proprement dites : la plus grande initiative étant laissée aux entreprises, toute solution permettant l'obtention des résultats demandés est généralement acceptée. D'où un examen critique des différentes solutions possibles : le chauffage à air chaud, le chauffage par rayonnement par le sol et le chauffage par radiateurs et surfaces de chauffe.

SUMMARY

The author begins by reviewing the regulations covering heating plants and fuel bunkers, the standards that installations and apparatus must meet, and provisions concerning heating units, generators, circuits, as well as warm-air heating and checking of safety devices.

These provisions for ensuring maximum safety to persons in case of fire do not dictate the actual heating design but increase the difficulties of installation.

The buildings that shelter the classrooms, the laboratories and the study rooms must meet certain conditions that the author then enumerates.

Then a paragraph is devoted to the bases of calculation used for the heating design of the contemplated building.

Finally the author deals with the installations themselves; the greatest freedom being given to contractors, any solution that is favourable for obtaining the desired results is generally accepted. This leads to a critical examination of the various possible solutions : warm air heating, radiant heating through floors and heating by radiators and heating surfaces.

Pos de chauffe et canalisations.

ans leurs parties directement accessibles au public, la température des parois ne doit pas dépasser 90° C. Si cette température est supérieure à 90° C, les corps de chauffe et les canalisations doivent être soit établis à une hauteur au moins de 2,50 m au-dessus du sol, soit convenablement protégés par un dispositif tel que sa température ne puisse excéder 90° C.

Installations.

Les installations utilisant la vapeur à une pression supérieure à 1/3 hpz et les installations utilisant l'eau à une température supérieure à 105° C doivent être établies de manière que la rupture d'un joint n'entraîne pas la diffusion de la vapeur d'eau dans les locaux accessibles aux élèves ou au corps enseignant.

Les installations utilisant l'eau chaude ne doivent pas fonctionner sous une pression supérieure à 4 hpz.

Lorsque l'air est utilisé comme véhicule de la chaleur, sa température aux points de distribution ne doit pas excéder 90° C.

Reprise de l'air chaud.

La reprise d'air dans un local chauffé doit être renvoyée dans le même local, par conséquent les installations d'air chaud doivent ou bien fonctionner exclusivement avec de l'air frais venant de l'extérieur, ou bien être conçues pour que la quantité d'air recyclé soit réintroduite dans le local d'où elle a été prise.

Les parties de circuit en dépression (filtres, gaines) doivent être étanches, pour éviter l'infiltration des fumées et des gaz provenant des locaux traversés.

Les appareils à échange direct, le circuit d'air doit être en surpression par rapport au circuit des gaz provenant de la combustion.

À l'intérieur de la chambre de chauffe, les moyens de fixation des trappes, panneaux ou regards, disposés sur l'aspiration, ne doivent être manœuvrés qu'avec l'aide d'outils.

Les bouches d'émission ou de reprise doivent être établies à une hauteur de plus de 10 cm du sol et protégées par un grillage à mailles serrées (au plus 10 mm).

Générateurs.

Les générateurs comportant des brûleurs doivent être munis de dispositifs de sécurité produisant l'arrêt de l'arrivée de combustible aux brûleurs en cas de défaillance ou de défectuosité d'une partie quelconque de l'installation. La remise en marche ne peut être faite que manuellement et sur l'emplacement des appareils.

Une signalisation doit être prévue, qui avertira le personnel en cas de panne ou d'accident.

Les dispositions propres à l'organisation des chaufferies et des locaux ne sont pas rappelées ici ainsi que celles concernant les appareils de chauffage indépendants, mais il paraît intéressant de signaler les dispositions concernant les panneaux radiants à combustibles gazeux.

Une installation de panneaux radiants doit satisfaire aux règles du Code des Conditions minima d'installation de gaz, en outre les panneaux doivent être d'un modèle accepté par un bureau de contrôle agréé. Les appareils doivent être placés à une hauteur de 2,50 m au moins du sol s'ils sont à rayonnement infrarouge et de 3 m au moins s'ils sont à rayonnement visible, et ils doivent être distants de 1,50 m au moins du plafond des locaux.

Le règlement de sécurité donne encore des prescriptions sur la ventilation, mais sans fixer de taux de renouvellement d'air. Il est indiqué que la ventilation peut être mécanique, naturelle et qu'en tout état de cause, elle doit être suffisante pour assurer le renouvellement de l'air des locaux principalement si les occupants sont autorisés à y fumer.

Si la ventilation est faite par air pulsé, l'arrêt des ventilateurs doit pouvoir être obtenu d'au moins deux points de l'établissement judicieusement choisis et l'une de ces commandes doit obligatoirement être placée dans un local directement accessible de l'intérieur.

Par ce bref rappel des dispositions réglementaires, on voit que les dispositions indiquées ont été prises pour assurer au maximum la sécurité des personnes en cas d'incendie. Ces dispositions n'interviennent donc pas sur la conception même du chauffage mais augmentent les difficultés d'installation et exigent des entrepreneurs la parfaite connaissance de ces textes réglementaires.

II. DONNÉES RELATIVES A LA CONSTRUCTION

Types de bâtiments.

Lorsqu'une installation de chauffage central est à étudier, il s'agit généralement, hormis quelques petits établissements anciens du premier degré demeurant encore à équiper, de constructions en projet, dont la conception, dans le cadre des exigences communes que nous allons maintenant rappeler, a son originalité propre, en principe adaptée au climat et aux conditions locales.

Les bâtiments abritant les classes, les laboratoires et les salles d'études sont, soit à simple orientation, la façade principale étant exposée au Sud, avec à l'arrière, les couloirs de distribution ou cursives, soit à double orientation, c'est-à-dire Est/Ouest, les dégagements se trouvant alors en position centrale. Les uns et les autres peuvent être à un niveau (en rez-de-chaussée) ou à deux niveaux (construction sur préau par exemple) ou bien à plusieurs niveaux (en général trois au maximum pour les établissements du premier degré).

La hauteur sous plafond est fixée à 3,25 m; mais on tolère actuellement 3 m pourvu qu'il s'agisse de passage libre, autrement dit, la hauteur de 3 m s'entend prise à la sous-face des poutres en saillie sous le plancher, le cas échéant.

Les murs des bâtiments scolaires n'ont pas fait l'objet de prescriptions concernant leur qualité thermique. Ils sont constitués de tous les matériaux utilisés à cet effet, briques, parpaings, moellons, pierres, etc. Mais il est vraisemblable qu'avec l'application de plus en plus grande de techniques voisines du mur-rideau, on ne soit amené à fixer un seuil au coefficient de transmission du mur ou peut-être du panneau dans certains cas. On voit donc que la plus grande liberté est laissée au maître d'œuvre tant en ce qui concerne le choix des matériaux que les modes de construction, sans parler des écoles provisoires qui, en raison de leur caractère précaire, sont conçues suivant d'autres principes.

La surface vitrée, comparée à la surface des murs se situe au voisinage du rapport $\frac{\text{surface des murs}}{\text{surface vitrée}} = 0,5$ et cette valeur

semble assurer un éclairage suffisant, ainsi la surface vitrée s'avère comprise entre le cinquième et le quart de la surface du sol; on ne tient pas compte dans cette relation des éclairages en second jour qui lorsqu'ils existent, portent souvent au tiers le rapport $\frac{\text{surface vitrée}}{\text{surface du sol}}$.

Une allée d'un développement de 1 m est obligatoire à chaque baie. En rez-de-chaussée sur rue, cas pratiquement assez rare elle sera de 1,50 m.

Quant aux planchers, celui du premier niveau est pratiquement toujours construit sur sous sol, sur vide sanitaire ou sur portique, les conditions requises pour l'acceptation d'un plancher sur terre plein étant rarement réalisées. Le plancher du niveau le plus élevé est surmonté d'un comble ou bien recouvert d'une étanchéité.

III. THERMIQUE DES BATIMENTS

La connaissance des caractéristiques diverses des matériaux employés est évidemment essentielle dans le calcul des déperditions ; aucun coefficient de transmission minimum n'étant imposé, le maître d'œuvre s'est généralement référé aux exigences valables pour la région en matière d'habitations.

Bases de calcul des installations.

La température extérieure de référence est celle indiquée pour la région dans les documents professionnels en usage. Le recueil de l'Association des Ingénieurs en Chauffage et Ventilation de France et le Manuel des Industries Thermiques donnent les renseignements nécessaires.

Les températures intérieures correspondantes, habituellement choisies, sont de :

- + 20° C dans les locaux d'infirmerie et salles de douches,
- + 18° C dans les salles de classes et d'études, laboratoires, amphithéâtres, bibliothèques, locaux d'habitation et d'administration,
- + 16° C dans les réfectoires et cuisines, salles d'hygiène attenantes aux dortoirs,
- + 14° C dans les dortoirs, ateliers d'enseignement, gymnases, dégagements.

Il s'agit évidemment de températures prises immédiatement avant occupation et, suivant le cas, à obtenir soit à partir de locaux froids, soit à partir de locaux en régime ralenti et non à maintenir seulement à partir d'un régime normal déjà établi.

Le renouvellement d'air généralement adopté dans les calculs est de deux fois le volume à l'heure dans les salles de cours et locaux similaires d'enseignement ainsi que dans les réfectoires. Évidemment, il y aurait lieu de s'assurer que cette hypothèse est valable dans tous les cas ci-dessus.

La ventilation des cuisines et buanderies fait appel à des techniques particulières non exclusives aux établissements d'enseignement et n'a pas à être précisée ici.

Les conditions d'occupation, si elles ne sont pas particulières et décrites dans un programme, peuvent être présumées assez facilement si on se souvient que les classes ont lieu entre 8 h et 11 h et de 14 h à 17 h sauf cas exceptionnels (dessin, gymnastique, etc.) et que les études commencent souvent une heure avant les cours pour se terminer vers 21 h ou 22 h avec interruption d'une heure pour chaque repas.

INSTALLATIONS

Choix du combustible.

Toutes les possibilités ont été expérimentées mais ce sont la plupart du temps les facilités d'approvisionnement spécifiques de chaque région qui ont guidé le choix parfois après bien des hésitations. Toutefois, pour des opérations de puissance supérieure à 1 000 000 calories, il est obligatoire de remplir une déclaration du Service des Mines qui a la charge de la distribution et du contrôle de l'énergie. Le Service des Mines peut alors imposer le combustible, à moins que des raisons impératives ne lui aient été fournies.

Choix des solutions techniques.

La plus grande initiative est laissée aux entreprises, et toute solution permettant l'obtention des résultats demandés est généralement acceptée. Il s'ensuit que des exemples d'application de la presque totalité des systèmes existants de prix compétitifs surtout, se sont trouvés réalisés. En effet les devis programmes tracent le cadre des prestations à exiger des entreprises sans préciser les moyens d'y satisfaire.

Cette initiative laissée aux entreprises est due à la libération donnée aux maîtres d'œuvre qui ont la charge d'établir un projet dans son ensemble. Toutefois, il est permis de se demander si un choix limitatif de systèmes et de matériels ne permettrait pas de réduire les études que chaque concurrent est contraint de faire en face de toute nouvelle demande de prix. Peut-être aussi pourrait-on éviter un échantillonnage beaucoup trop varié à l'intérieur d'un même établissement.

Les constructions scolaires conduisent à des études simples pour les établissements du premier degré, relativement plus complexes pour les établissements du deuxième degré et de l'enseignement supérieur, mais les exigences de l'Administration n'ont jamais dépassé les limites de la connaissance des professionnels, tout au plus a-t-on pu constater que certaines installations à l'automatisme poussé réclamaient des soins excessifs pour un entretien courant, tandis que d'autres semblaient mal adaptées au mode et au rythme d'occupation.

C'est ainsi que les installations à air chaud, cependant bien adaptées aux fortes densités d'occupation et aux besoins intermittents sont relativement peu répandues dans nos écoles contrairement à ce qu'on observe dans nombre de pays étrangers. En effet, comme il a été dit précédemment en I, la réglementation qui interdit les reprises pour recyclage dans un circuit commun à plusieurs salles, conduit à fonctionner exclusivement en air neuf ou à disposer pratiquement d'un appareil de production par salle, qu'il s'agisse de production par échange direct ou bien par batterie et fluide intermédiaire. On risque alors de parvenir à des installations soit rudimentaires, peu durables, à bien des titres inconfortables et d'un mauvais rendement, soit très onéreuses ; dans tous les cas elles seront encombrantes et sujettes à perturber le service au moindre incident mécanique. Or, est-il nécessaire, sous nos climats, de rechercher le chauffage à air chaud dans le seul but de bénéficier des avantages exclusifs à ce système ?

Une classe étant en moyenne prévue pour recevoir quarante élèves, le volume d'air disponible, par élève, sur la base de deux renouvellements à l'heure, est en effet insuffisant ; mais les utilisateurs n'observent pas qu'il y ait une gêne notable, quand bien même les deux renouvellements théoriques ne seraient pas effectivement atteints, car l'ouverture opportune des baies constitue un remède simple, efficace, sans désagrément rédhibitoire, et dont ils s'accoutument plus souvent. Le procédé est sans conteste empirique mais la voie peut être bonne et confirme l'intérêt certain d'un progrès dans la conception des vitrages ouvrants, des ventilations statiques ou même, dans certains laboratoires, d'aérations mécaniques.

Ceci nous invite à aborder un sujet, voisin par certaines de ses conséquences, sur lequel des opinions ont déjà été émises : celui des calories dégagées par les occupants. Doit-on tenir compte de cet apport dans la puissance à fournir dans chaque local ?

Il ne paraît pas judicieux de négliger les calories d'origine humaine, toutefois, leur émission étant associée à une augmentation de la pollution de l'air et du taux d'humidité, l'élevation consécutive de température peut être parfois considérée comme le signe d'une ventilation insuffisante et, en ne prévoyant que deux renouvellements horaires théoriques, alors qu'il s'avère souvent souhaitable d'en assurer pratiquement quatre, on voit qu'il en est déjà tenu compte (il se trouve que

eux renouvellements complémentaires de ceux prévus les calculs absorbent et compensent, en effet, par temps approximativement ces apports). La densité d'occupation est, d'autre part, fréquemment variable ; à défaut d'une régulation automatique locale de la ventilation et de la température, la solution pratique nous conduit donc de nouveau à la régulation locale manuelle sur les dispositifs de ventilation naturelle et les corps de chauffe.

Un certain nombre d'installations par rayonnement a été réalisé. Si certains procédés à très faible inertie pourraient être envisagés, il ne semble pas que les dispositifs à tubes enrobés de béton aient su séduire. Leur inertie n'est sans doute pas un obstacle infranchissable aux usages intermittents lorsque le programme horaire est, comme c'est le cas, prévisible et que l'inertie propre au bâtiment s'y prête. La mise au point de l'éclairage dans la régulation des circuits peut estomper le défaut, mais le manque de souplesse qui en découle est plus gênant car il ne permet pas la compensation des variations locales de variations des températures extérieures et intérieures et de l'ensoleillement ; les élèves situés sous des aires émettrices, parfois peut-être trop localisées, sont incommodés.

Un rayonnement par le sol conviendrait néanmoins fort bien pour tempérer ou maintenir un fond d'ambiance.

Avant de quitter le mode d'émission, accordons une mention particulière aux gouttières et panneaux réflecteurs sus-jacents qui sont appréciables, concurrentiellement aux aéro-radiateurs que l'on rencontre dans les salles spécialisées telles que les ateliers et les gymnases.

Les radiateurs et surfaces de chauffe similaires intéressent la majorité des installations existantes. Étant donné la répartition des occupants sur la presque totalité de la surface des locaux dont les dimensions sont souvent vastes, il importe de disposer ces corps de chauffe en un nombre suffisant pour créer des zones privilégiées ou des mouvements conformationnels désagréables : il en faudrait toujours au minimum un par classe, disposés le long des parois de refroidissement, et dans la mesure du possible sur consoles.

Certains radiateurs-panneaux ainsi que les plinthes chauffantes devraient à ce point de vue bénéficier d'un préjugé favorable. On remarque toutefois que, lorsque la conception des plinthes chauffantes permet une émission suffisante au niveau linéaire, leur entretien est généralement difficile ; en outre, ce matériel étant exposé aux chocs et risquant d'être déformé comme marchepied, les carters ne devront pas être enlevés.

Il y a évidemment intérêt à concevoir les installations sur des bases et avec du matériel offrant le minimum d'inertie thermique, donc utilisant notamment un faible volume d'eau ; la qualité est précieuse — nous l'avons déjà dit au sujet du rayonnement — davantage pour corriger les fluctuations de température ambiante sous les influences externes ou internes que pour tenir compte de l'occupation intermittente.

En souvent, le choix du mode d'émission étant lié à la destination et au rythme d'occupation de chacun des types de

locaux, on aboutit au rassemblement, en une même installation, de plusieurs systèmes dont les caractéristiques d'alimentation et les réactions sont différents et qui, en outre, commandent, ou sont jugés nécessiter, l'adoption d'un fluide déterminé.

Si, concurrentement, le souci, excellent en soi, d'une chaufferie unique se transforme en un principe immuable, on risque de parvenir à des réalisations quelquefois complexes et dont l'économie n'est pas toujours évidente.

Le cas du chauffage urbain est particulier, mais le problème se pose pour les sous-stations : est-il préférable d'avoir une station centrale d'échange qui distribue la chaleur à l'ensemble des bâtiments ou un certain nombre de sous-stations ?

Il n'existe pas de solution unique et, en fonction du nombre de l'importance et de la répartition des bâtiments, il faut que pour chaque projet, une étude soit faite aux fins de déterminer et comparer les frais d'investissement des diverses solutions mises en parallèle ce qui est relativement facile, et d'estimer les frais d'exploitation, ce qui est beaucoup plus difficile.

Signalons enfin que beaucoup d'établissements disposent d'une puissance excessive en chaufferie, celle-ci étant parfois même, calculée en fonction des besoins cumulés et non des besoins maxima instantanés ; il s'agit évidemment de cas exceptionnels mais il semble que l'on pourrait fréquemment exploiter mieux le bénéfice possible du fonctionnement intermittent à des horaires réguliers.

Les précautions indispensables destinées à limiter les conséquences des incidents majeurs les plus courants, ne doivent pas être non plus exagérées ; elles n'impliquent pas l'existence d'une surpuissance, quand un fractionnement suffisant mais raisonnable est possible.

Le programme de chauffe, permettant d'obtenir les conditions d'ambiance désirées exclusivement aux lieux et heures utiles, et la régulation fixant la température de circulation en fonction de la température extérieure, constituent les facteurs majeurs d'économie de l'exploitation. Tous les éléments permettant d'établir le programme de chauffe et notamment le chevauchement des besoins doivent donc être, pour chaque cas et avec précision, connus des installateurs au moment de l'étude.

Une régulation locale par commande manuelle devra toujours être possible.

De ce bref exposé, il ressort que le chauffage dans les bâtiments scolaires ne fait pas appel à des techniques particulières à ces établissements, à condition que soient respectées les prescriptions réglementaires concernant la sécurité des occupants ; ces prescriptions restreignant particulièrement l'emploi des systèmes à air chaud. Il est bien entendu que l'émission de la chaleur doit être adaptée à la destination des locaux tels que les réfectoires, les ateliers, les gymnases, les laboratoires, les dortoirs, etc.

Mais ne conviendrait-il pas d'étudier la ventilation des locaux scolaires ? Les solutions apportées à ce problème permettraient d'assurer aux occupants l'ambiance favorable à leurs travaux.

DISCUSSION

M. LE PRÉSIDENT MISSENARD. — Je remercie M. Chargrassé de sa communication, et je vais demander tout de suite à M. Le Meur si les Services officiels ont quelque chose à dire ?

M. LE PRÉSIDENT LE MEUR. — M. Chargrassé a mis en évidence une certaine dispersion des solutions qui sont préconisées en France pour l'établissement du chauffage.

Je dois dire que cette dispersion n'est pas, tout autant qu'il veut le dire, le fruit du hasard. Il est certain que l'auteur du projet a, dans ce domaine, un rôle essentiel à jouer, mais je ne crois pas que ce rôle ait été jusqu'à préconiser des solutions qui soient uniquement des solutions particulières à l'architecte.

En face du gros programme de construction scolaire de la France, et je rappelle que ce programme, à l'heure actuelle, porte chaque année sur environ 150 milliards de francs, les directives qui ont été données depuis quelques années par le Ministère de l'Éducation Nationale ont, au contraire (mais peut-être dans le domaine du chauffage, n'est-on pas allé jusqu'au bout de l'expérience qui est en cours) à étudier une normalisation de toutes les parties de la construction.

On s'est attaqué, tout d'abord, aux problèmes qui étaient les plus simples, c'est-à-dire qu'on a fait une normalisation dimensionnelle. On a fait, ensuite, dans une certaine mesure, de la normalisation de structure et il est certain que les problèmes d'équipement (et je pense essentiellement au chauffage, à la ventilation, et à l'électricité, étant donné leur complexité, et les tendances, d'ailleurs inverses, qui se manifestent) ont été les problèmes qui, dans l'ordre d'urgence, ont été abordés les derniers, si bien que la dispersion à laquelle faisait allusion M. Chargrassé existe, c'est certain, mais tend à se corriger de plus en plus.

Il y a un point sur lequel nous sommes tout à fait d'accord avec lui, en le regrettant peut-être, mais là c'est une question d'économie qui a incité le gouvernement à ne pas aller au-delà des solutions assez traditionnelles qu'il a adoptées jusqu'à présent; le problème de ventilation des locaux a toujours été un problème de ventilation manuelle. Sauf dans des locaux extrêmement spéciaux, comme sont les amphithéâtres, où l'on fait toujours une ventilation artificielle, c'est par les ouvertures de fenêtres que, jusqu'à présent, la ventilation a été opérée dans les locaux de classes et dans les locaux simples.

Sous les climats tempérés que nous connaissons, je ne pense pas qu'il y ait eu de graves inconvénients à ce système.

Nous n'avons pas été, dans ce domaine-là, systématiquement l'objet de critiques, et nous avons le sentiment que le corps enseignant a suffisamment de doigté pour faire, dans ce domaine, quelque chose qui, dans la plupart des cas, donne satisfaction.

Peut-être, si nous étions plus riches, pourrions-nous adopter d'autres solutions. Je crains malheureusement que, pour plusieurs années encore, l'ampleur des programmes scolaires empêche, à moins que l'on ne trouve des solutions simples et relativement économiques, de se livrer à une amélioration dans ce domaine. Nous avons été en effet, dans le domaine des constructions scolaires, obligés de limiter considérablement certaines formes d'équipement, et de rejeter des solutions dans la ligne de conduite de la stricte économie.

Cela ne veut pas dire que les installateurs, que les chercheurs ne doivent pas proposer et trouver d'autres solutions. La question peut-être, sera d'éviter le divorce entre les possibilités économiques et la technique que nous avons mise au point.

M. LE PRÉSIDENT MISSENARD. — Je remercie M. le Président Le Meur. Il nous dit que son administration n'a pas fait l'objet de critiques..... Qu'il attende un peu, car nous en parlerons longuement cet après-midi!

Avez-vous des questions et des précisions à demander M. Chargrassé ?

M. BRETON. — Je voudrais simplement faire remarquer qu'aucune indication précise sur le choix du combustible n'apparaît dans la conférence de M. Chargrassé. Il existe tout de même un certain nombre de classes chauffées par le gaz. On parlera longuement du gaz demain, et je crois devoir rappeler que pas mal de classes sont chauffées au moyen du gaz.

M. LE PRÉSIDENT LE MEUR. — Je voudrais dire un mot sur ce point. Je vous remercie de cette intervention, car elle pose effectivement un problème de choix de combustible auquel l'Éducation Nationale est très sensible.

Si le gaz pouvait être produit en France dans des conditions plus économiques qu'à l'heure actuelle, il pourrait être employé pour le chauffage des locaux scolaires. Le problème s'est posé pour la région du gaz de Lacq; vous savez qu'à l'heure actuelle nous sommes contraints, dans la région de Toulouse, de faire des installations de fuel, en raison du prix trop élevé auquel, localement, le gaz est vendu. Je m'en excuse, mais c'est un problème pour lequel l'Éducation Nationale sera intransigeante : ou bien le gaz sera vendu à un prix raisonnable aux Pouvoirs publics, ou bien il restera au prix où il est, et on ne pourra pas faire de chauffage au gaz.

Chauffage et ventilation des établissements scolaires

SYNTHÈSE DES RAPPORTS

par **M. le Président MISSENAUD**

I. CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES ET DONNÉES PHYSIOLOGIQUES

Le problème est évidemment d'abord humain, accessoirement technique et économique.

Tout problème humain doit être étudié en fonction d'une conception de la destinée humaine (1). Sans doute, la question paraît-elle plus philosophique que scientifique, mais on peut essayer de répondre à ce problème humain de la destinée humaine en se basant sur la simple observation. Les aspects de la vie, telles qu'on peut les déduire de l'analyse de l'évolution, sont manifestement :

- sa conservation dans les meilleures conditions ;
- sa transmission également dans les meilleures conditions ;
- l'ascension de l'esprit.

Sur le plan physique, en ce qui concerne les enfants, il ne faut pas agir, manifestement, en raison de l'âge des sujets, que pour la conservation de la vie, autrement dit de l'hygiène de l'enfance. Par ailleurs, le physique et le moral étant deux aspects d'une même chose, le milieu climatique réalisé dans les écoles doit permettre aux enfants de s'instruire dans les meilleures conditions, tout en agissant favorablement sur le développement de leur personnalité, c'est-à-dire en respectant la troisième loi de la vie.

La recherche d'un milieu opportun doit se faire en fonction de l'hérédité des sujets, l'homme étant le résultat de l'action d'un milieu sur un patrimoine héréditaire. Aussi, ce que nous pouvons dire s'applique-t-il aux enfants européens ou américains du nord, ayant, statistiquement, des hérédités semblables, les différences constatées chez les hommes adultes de ces pays, étant essentiellement dues aux conditions de leur développement.

Conservation et développement de la vie dans les meilleures conditions.

Le climat désirable dans les écoles doit permettre la croissance physique et psychique harmonieuse des enfants, tout en fortifiant leur santé.

M. de Grave a rappelé opportunément l'adage romain incitant à « modeler les esprits sans affaiblir les corps ».

Comme l'a judicieusement développé M. Kozierski, les maladies frappant l'enfance sont essentiellement des maladies

microbiennes, conflits plus ou moins aigus entre un terrain et des germes pathogènes. Pour les éviter ou les faire évoluer heureusement, il convient donc de renforcer le terrain et d'affaiblir les germes. Les meilleures conditions de croissance et de renforcement du terrain semblent être, en l'état actuel de la question, sensiblement les mêmes. Elles exigent que le corps soit à la neutralité thermique et dans une atmosphère dont la composition est aussi voisine que possible de celle de l'air pur de la campagne ou de la montagne loin de toute vie animale. La neutralité thermique, pour les enfants fréquentant les classes, est obtenue avec 17 ou 18° M (1). De plus, ainsi que l'ont établi les travaux des physiiciens et physiologistes anglais et français, il est désirable de respirer de l'air relativement frais, soit à une température de l'ordre de 14 à 15° C, sinon moins. L'humidité opportune est de l'ordre de 50 à 60% et ne pose généralement pas de problème dans nos climats. La pureté désirable pour l'atmosphère est obtenue en renouvelant l'air des locaux de classe à raison de 25 à 35 m³, soit en moyenne 30 m³ par enfant et par heure.

Mais encore faut-il que l'air de renouvellement soit suffisamment pur. S'il n'y a pas de problème pour les écoles rurales situées loin de toute activité industrielle, la question se pose, parfois, avec acuité dans les centres urbains où l'air est pollué par les gaz d'échappement des voitures, les fumées et les déchets industriels. Dans ces conditions, il faudrait traiter l'air de façon efficace, quelque compliqué que soit le problème qui relève du conditionnement de l'air.

Les maladies contagieuses de l'enfance scolaire sont essentiellement des maladies d'hiver dites à frigore. Elles peuvent être provoquées par ce qu'on nomme un refroidissement, c'est-à-dire l'affaiblissement du terrain, par suite de son exposition au froid, et qui permet aux microbes commensaux de prendre l'avantage. C'est ainsi qu'apparaissent, par exemple, les rhumes, les rhinites, les laryngites, les bronchites. On sait que ces refroidissements ne se produisent que lorsque le corps n'est pas entraîné à supporter une brusque variation de ses pertes thermiques. Il convient donc d'éviter les variations thermiques brutales et importantes, c'est-à-dire de plus de 10 à 15° M en hiver, sans modification de la protection vestimentaire. Mais, surtout il faut développer la thermorégulation des enfants, afin que ces brusques accroissements accidentels des pertes thermiques soient inoffensifs. Ce résultat peut être atteint par des variations modérées des conditions thermiques intérieures des locaux. Si bien qu'autour de la valeur moyenne de 18° M, il faudra que la température sèche résultante varie par exemple de 16,5° à 19,5° M, l'amplitude totale étant par exemple atteinte en une heure.

Probablement d'ailleurs, comme je l'exposais il y a vingt ans, dans « L'homme et le climat », y aurait-il intérêt à ce que l'amplitude de ces variations fût liée à l'importance des brusques variations de température auxquelles peuvent être exposés les enfants. Autrement dit, les variations de la tempé-

(1) Je m'excuse si certaines considérations générales sont des redites de la conférence de Bruxelles, de septembre 1958. Au risque de se répéter, il faut préciser, sans ambiguïté, les bases de départ de tout développement ou raisonnement.

(1) Bien que mal placé pour le faire, j'utiliserai les notations des auteurs du « Manuel des Industries Thermiques » : le degré M rappelle, en effet, qu'il s'agit d'une grandeur physiologique relative aux occupants d'un local et non pas d'une échelle thermométrique purement physique.

rature intérieure seraient plus importantes en plein hiver qu'en automne ou au printemps. Mais c'est là un ajustement de détail.

D'autres affections peuvent être provoquées par les microbes apportés par les enfants, malades ou non, dits « porteurs de germes ». Le contagement peut s'opérer par contact ou par l'air. Pour réduire le contact direct, il y a évidemment intérêt à isoler le plus possible les enfants les uns des autres, mais le problème de la superficie de la classe est d'ordre architectural et ne nous concerne pas. Par contre, il nous appartient de réduire autant que possible le contagement par l'air. A cet effet, il faut que les germes émis par les occupants, en particulier dans l'acte de parler ou de tousser, soient évacués le plus rapidement possible. On sait que ces germes sont généralement supportés par des poussières sèches ou aqueuses, plus lourdes que l'air, en particulier par les fameuses gouttelettes de Flugge, sur lesquelles M. Koziarski insiste. Plus la ventilation est importante, plus ces germes sont évacués rapidement. Mais, encore faut-il que cette ventilation soit rationnelle, c'est-à-dire que les mouvements de l'air ne maintiennent pas ces germes en suspension à hauteur des voies respiratoires des enfants. C'est pourquoi il faut les aider à se déposer vers la partie basse, et partant obtenir que l'air circule de haut en bas, en supprimant toutes les « poches » ou zones mortes où l'air stagne ou circule en circuit plus ou moins fermé. C'est là une condition technique assez difficile à réaliser et sur laquelle je reviendrai par la suite.

Remarquons en passant que la multiplicité de ces germes est liée à leur température. Or, il est actuellement possible, par le rayonnement, de réaliser des microclimats différents pour le germe et le terrain. Il suffit d'avoir une température d'air plus basse que la température sèche résultante, car les microbes sont sensiblement à la température de l'air, en raison de leurs faibles dimensions.

2. Conditions les plus favorables au travail intellectuel des enfants et à la formation de leur personnalité.

Peu de recherches valables ont été faites sur les conditions les plus favorables pour le travail intellectuel, ainsi qu'il résulte des investigations, dont mon ami, M. Thomas Bedford, a bien voulu me faire part en ce qui concerne la littérature anglo-saxonne, ainsi que des miennes propres. Il est admis à peu près par tout le monde que c'est encore la neutralité thermique qui réalise les conditions les plus favorables. Il ne semble pas que l'efficacité varie rapidement autour de cet optimum. Toutefois, les meilleurs résultats sont obtenus quand la température sèche résultante varie autour de cette neutralité thermique pour éviter l'assouplissement des enfants, que provoquent des conditions ambiantes trop régulières.

On sait en particulier l'augmentation de rendement obtenu dans l'industrie en faisant varier des conditions physiques : température, niveau sonore, voire niveau olfactif. Dans les écoles, il est facile de faire varier le niveau de température. Quant au niveau sonore, il faut faire confiance en la matière au maître qui, de temps en temps, devra élever la voix pour rappeler à l'attention des enfants qui auraient tendance soit à s'assoupir, soit à rêvasser!... De plus, ces variations thermiques auront pour effet de développer, non seulement la thermo-régulation des enfants, mais aussi, inconsciemment, leur caractère et j'insiste sur ce point. Il serait même bon que ces variations fussent, à certains moments, légèrement désagréables, sans être nocives.

Enfin, il est également opportun de créer ou d'affirmer chez les enfants, et en particulier chez les petites filles qui auront la responsabilité d'un logis, le goût de la propreté, de l'air pur et de la clarté. Aussi, ces classes devront-elles être bien éclairées et il faudrait y maintenir les peintures en bon état de propreté, ce qui impose certaines sujétions pour les surfaces de chauffage. De même, il faudrait, répétons-le, par une ventilation suffisante, éliminer les mauvaises odeurs.

II. RÉALISATIONS TECHNIQUES DÉSIRABLES

De toutes ces considérations, résultent quelques principes permettant de classer les différents systèmes de chauffage et de ventilation, en fonction de leur opportunité pour les écoles.

Chauffage.

Il faut pouvoir être maître, en toute saison, des températures tout au moins avec une précision de l'ordre de 1 à 2° M maximum. Comme il est rarement possible, pour des raisons économiques d'avoir un réglage séparé par classe, il faut disposer d'un système de chauffage permettant un réglage central satisfaisant, ainsi qu'un bas gradient de température, en fonction de la hauteur, comme l'a souligné M. Dick. Ces exigences éliminent la vapeur à basse ou haute pression. Les deux seuls fluides indiqués sont donc l'eau et l'air, le réglage central s'obtenant par variation de la température du fluide chauffant.

L'intérêt de réaliser accessoirement des microclimats différents pour le terrain et le germe, incite à s'orienter vers le chauffage par rayonnement, permettant effectivement d'avoir une température d'air différente de la température sèche résultante. Mais, il faut alors disposer d'un système dont l'émission par rayonnement soit nettement plus importante que celle par convection, ce qui donne ainsi l'avantage aux plafonds chauffants sur les sols chauffants.

De toute façon, les surfaces chauffantes doivent être maintenues en parfait état de propreté. On ne saurait trop proscrire les surfaces dissimulées, en particulier les convecteurs qui, quelles que soient les consignes, risquent d'être mal entretenus et mal nettoyés. De même, les surfaces statiques apparentes doivent être d'un nettoyage facile. Aussi, faut-il également proscrire les radiateurs à ailettes, à colonnettes ou à surfaces plus ou moins décorées, pour se limiter aux seuls radiateurs à surfaces planes, facilement nettoyables. De plus, les radiateurs doivent être surélevés, c'est-à-dire placés sur consoles, pour permettre de nettoyer le sol. De ce point de vue encore, le rayonnement réalisé à l'aide de grandes surfaces planes marque un avantage.

Ventilation.

Du point de vue de la ventilation, il est hors de doute que, pour distribuer, en toute saison, 25 à 30 m³ d'air pur à l'heure par enfant, il faut disposer d'une installation mécanique. Comme, dans la plupart des pays, le volume des salles par enfant est de l'ordre de 5 à 6 m³, cela représente en moyenne un renouvellement de cinq fois le volume des classes à l'heure. Mais, encore faut-il que cette ventilation soit efficace, c'est-à-dire se répartisse équitablement à travers toute la salle et balaie bien, régulièrement, l'air de tout le local. Il faut éviter, en effet, que des mouvements d'air intempestifs viennent troubler la circulation prévue. Notamment les mouvements ascendants de convection, provoqués par les surfaces de chauffe à haute température, en particulier chauffées à la vapeur basse pression, sont indésirables en provoquant des mouvements ascensionnels qui ne peuvent que maintenir en suspension, les microbes du local, quelle que soit, par ailleurs, la ventilation.

Finalement, le système de ventilation apparemment le plus favorable est le suivant :

L'air est distribué par un plafond perforé sur toute sa superficie, de telle manière qu'il se répartisse équitablement sur toute la superficie du local. Cet air est ensuite repris au sol par des bouches aussi nombreuses que possible. En particulier, dans un amphithéâtre comportant des gradins, cet air peut être repris dans les contremarches. Lorsque le sol est plan, il est possible de placer des bouches sous les sièges ou sous les tables, de façon que la surface de reprise soit aussi grande que possible. Encore, faut-il, comme nous le signalons précédemment, que ce schéma idéal de circulation

de l'air de haut en bas ne soit pas troublé par les mouvements de convection. D'ailleurs, la présence des bouches de reprise au sol réduit la surface disponible pour le chauffage à une valeur telle que, généralement, ce sol ne pourrait suffire. En outre, l'air de ventilation risque d'emporter une partie importante de la chaleur émise par ce sol par convection. Si bien que le chauffage doit être essentiellement assuré par le plafond lorsqu'il est indépendant de la ventilation.

Le chauffage par le plafond peut ainsi, en l'état actuel de la technique, être réalisé par une surface perforée insonore, métallique ou non. Il semble bien d'ailleurs, en fonction des considérations précédentes, que le plafond métallique présente l'avantage d'une moindre inertie, ce qui est, non seulement économique en raison de l'intermittence possible, mais aussi technique pour obtenir les variations désirables pour la température sèche résultante, bien que l'on puisse les provoquer par la variation de la température de l'air. D'ailleurs, le rayonnement du plafond élève toujours un peu la température du sol, mais, dans certains cas, peut-être serait-il opportun d'avoir un sol légèrement chauffé directement et dont la température ne dépasserait pas 22 à 23° C, pour éviter une perte importante par la ventilation.

Pour faciliter la circulation descendante de l'air et atténuer éventuellement l'élévation de température au niveau de la pièce, provoquée par le rayonnement du plafond, il est désirable que l'air soit distribué dans la pièce à une température de quelques degrés inférieure à 15° C. Cet air se réchauffe en descendant pour atteindre une température de l'ordre de 10° C au sol à son évacuation. Comme il faut que les classes soient seulement en légère surpression, il faut disposer de ventilateurs d'insufflation et d'extraction séparés.

Voilà, à mon sens, l'installation idéale. Bien entendu, elle sera presque jamais réalisée pour des raisons économiques, car lesquelles je me réserve d'ailleurs de revenir dans ma conclusion.

I. AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DES DIFFÉRENTES SOLUTIONS HABITUELLEMENT EMPLOYÉES

Il faut donc examiner dans quelle mesure les solutions adoptées dans les différents pays s'en rapprochent, ou tout au moins permettent d'obtenir des résultats plus ou moins voisins.

Chauffage.

Le chauffage à vapeur fut un progrès très sensible sur les anciens poêles, mais il est lui-même dépassé et abandonné un peu partout. Le chauffage par radiateurs à eau chaude à température plus ou moins basse était un perfectionnement dénié dans la mesure où les surfaces de chauffe étaient efficacement nettoiables et nettoyées.

Mais, il semble que le chauffage par rayonnement, combiné au sol et au plafond, permettant d'avoir des températures de surface assez basses pour le sol, est encore un progrès sur le chauffage par radiateurs. Son coût n'est pas sensiblement plus élevé que celui du chauffage traditionnel par convection, mais son principal inconvénient, dans les classes dont la durée d'occupation n'est guère, sur l'ensemble de la semaine, que le quart du temps, est son inertie. Les frais de consommation plus élevés sont mis en évidence par les recherches anglaises. Toutefois, le rayonnement pourrait être conservé en employant un plafond chauffant à faible inertie, donc de préférence métallique perforé, dont le coût ne doit pas être finalement plus élevé que celui du chauffage par radiateurs, surtout si l'on tient compte de la suppression du plafond additionnel et de l'insonorisation des locaux qui est tout de même un élément non négligeable. De plus, comme l'a souligné Macskasy, l'emploi de panneaux annulaires permet d'obtenir une plus grande émission, tout en respectant les normes de

confort. D'ailleurs, ce plafond peut être un simple plafond perforé, non chauffant, et comporter, sur ses bords, des panneaux chauffants métalliques plus ou moins décoratifs, du type anglais Sunstrip à tubes soudés et à faible inertie, comme l'a rappelé M. Squassi.

Le chauffage par air chaud est évidemment une solution tentante, puisqu'il permet en même temps la ventilation. Mais, il faut que la distribution de l'air soit faite suivant les principes exposés précédemment pour la ventilation, afin d'éviter les zones mortes (ce qui élimine les distributions à grande vitesse), de façon à répartir régulièrement l'air sur toute la superficie du local. Lorsque cet air chaud est fourni par une installation centrale, il faut, bien entendu, proscrire (sauf peut-être pour la mise en régime avant l'occupation des locaux), et comme l'a rappelé M. Chargrass, toute reprise d'air susceptible de diffuser dans une salle les germes émis dans d'autres. De plus, cette distribution centrale ne peut convenir que si les déperditions par mètre cube des diverses salles ne sont pas trop différentes, afin que le volume distribué dans chacune des classes corresponde sensiblement à 25 à 30 m³ par heure et par enfant. Dans le cas contraire, il faudrait prévoir des batteries d'appoint par salle, pour que le volume d'air distribué restât sensiblement le même, quelles que fussent les déperditions.

Finalement, cela revient à décentraliser les installations, c'est-à-dire à adopter la solution américaine des conditionneurs individuels par classe, si bien décrite par M. Elgin. Je m'y rallierais volontiers si je ne craignais pas que le soufflage de bas en haut, maintienne en suspension les germes microbiens émis dans l'ambiance par les enfants. Il faudrait que la distribution fût conforme au schéma précédent⁽¹⁾.

Ventilation.

La ventilation mécanique est évidemment coûteuse, et, la plupart du temps, on doit se contenter de la ventilation naturelle dont les systèmes ont été décrits dans un certain nombre de communications, et en particulier dans celles de MM. Krüger et Livtchak.

Ces systèmes de ventilation appellent de ma part un certain nombre de critiques :

Tout d'abord, lorsque l'air frais est réchauffé par un radiateur, dès son entrée dans la pièce, cet air s'élève directement dans la salle avec les courants de convection et se trouve ainsi en partie évacué directement vers l'extérieur, quand le haut de la fenêtre supérieure est ouvert. Il se produit ainsi un court-circuit qui ne fait qu'entretenir des mouvements tourbillonnaires dans la salle. La ventilation est donc beaucoup moins efficace qu'on pourrait le croire et les germes microbiens sont maintenus en suspension dans la partie centrale de la salle par ces courants induits. Il vaudrait mieux, dans la mesure du possible, que les bouches d'évacuation fussent placées sur la face opposée de celle des entrées de l'air, de telle manière que les courants de convection fussent obligés de traverser la salle. Il en résulterait encore qu'une partie importante de l'air introduit serait néanmoins évacuée directement sans atteindre la zone d'occupation. De plus, j'insiste sur ce point, cette ventilation naturelle présente l'inconvénient d'être ascendante en hiver, c'est-à-dire de maintenir en suspension les germes et les poussières qui devraient, rationnellement, être évacués par le bas.

De toutes ces considérations, il résulte que si l'on voulait obtenir, avec la ventilation naturelle, un débit d'air efficace de 30 m³ par enfant, et un dépoussiérage microbien satisfaisant, il faudrait :

1° faire varier les ouvertures de ventilation suivant les

⁽¹⁾ Remarquons d'ailleurs la tendance à la décentralisation, étant bien entendu que les fluides : chaud, froid, électricité, sont toujours produits centralement. Cette décentralisation est provoquée par les nécessités de la régulation quand les besoins de chaleur, d'air et surtout de froid, ne varient pas proportionnellement d'un local à l'autre, en raison des différences d'exposition.

conditions météorologiques, puisque cette ventilation dépend de la température extérieure et du vent ;

2° dépenser une quantité de chaleur très supérieure à celle nécessitée par la ventilation mécanique, du fait du mauvais rendement de cette ventilation naturelle.

Il est probable, quoique le calcul soit assez difficile à établir, que l'économie de ce supplément de consommation permettrait d'amortir rapidement la différence de prix entre la ventilation mécanique et la ventilation naturelle. Ce calcul est d'ailleurs tout à fait inutile, car jamais la ventilation naturelle ne s'est proposée d'obtenir des résultats précis. Elle est plus qualitative que quantitative. Je dirai qu'elle est psychologique et non physique.

Toutefois, un bon procédé consiste à ouvrir toute grandes les fenêtres pendant les récréations. L'abaissement de température qui en résulte n'étant généralement pas gênant, surtout lorsque le chauffage est obtenu à l'aide de grandes surfaces par rayonnement. Dans les installations où l'on ne peut, pour des raisons d'économie, obtenir une ventilation efficace, peut-être la solution serait-elle d'interrompre les cours pendant un temps déterminé, dix minutes par exemple, toutes les heures, pour permettre la large ouverture des fenêtres. Ce procédé est particulièrement efficace lorsque le local comporte des fenêtres sur deux faces opposées. Cette mesure ne s'harmonise évidemment pas avec les pratiques et les horaires habituels de l'enseignement. Mais une heure de cours sans interruption me semble déjà bien longue à mon âge, et compte tenu du temps physiologique, elle doit paraître une éternité pour des bambins....

IV. CONSIDÉRATIONS FINALES

En somme, il apparaît que ce problème du chauffage et de la ventilation des écoles est de première importance dans celui de l'éducation de la jeunesse. Ce dernier aurait intérêt à être repensé suivant les formules opérationnelles, c'est-à-dire sous tous ses aspects, alors que, généralement, chacun en ce qui le concerne, résout sa fraction de problème sans se soucier des voisins. Comme, hélas trop souvent, les problèmes ne sont pas vus dans leur ensemble et d'une façon synthétique.

La solution théorique que j'ai préconisée et que je vais vous demander de discuter, car il faudrait essayer d'aboutir à une conception ralliant les suffrages de presque tous les pays, soulève évidemment des problèmes économiques.

Je vous demanderai d'en faire abstraction dans la discussion technique, car notre propos est d'essayer de préciser ce qu'il faudrait faire. Il appartiendra, ensuite, aux pouvoirs publics de voir dans quelle mesure cela est réalisable. Ou plus exactement, comme nous ne proposerons que des choses techniquement réalisables, il appartiendra à ces pouvoirs publics de savoir *s'ils veulent ou non* les réaliser. Aussi, en raison de mes préoccupations constantes, je me permettrai d'attirer leur attention sur un certain nombre de points, au risque de répéter des truismes :

La richesse la plus précieuse d'un pays, quel qu'il soit, est constituée par ses hommes. Il est incompréhensible que, pour mettre en valeur toutes les potentialités de ce capital humain, un pays ne fasse pas, *par priorité*, tous les sacrifices nécessaires et qui seraient toujours hautement rentables. Si les industriels ont compris qu'il était de leur intérêt de chauffer les locaux de travail, c'est bien parce qu'ils se sont rendus compte que la dépense était payante, non seulement en augmentant l'efficacité du labeur, mais aussi en améliorant la santé du personnel et en diminuant l'absentéisme. Et pourtant, le capital humain d'une usine n'appartient pas à l'industriel et il peut le perdre du jour au lendemain. Comment comprendre alors que la société, propriétaire de la richesse inestimable que représente l'enfance, hésite à faire les dépenses nécessaires pour la préserver et la développer au mieux ?

Je sais bien que la question dépasse le cadre de nos modestes techniques et concerne tout le problème de l'enseignement. Il est incompréhensible que les meilleurs éléments de la nation ne soient pas utilisés à l'instruction et à la formation de la jeunesse qui conditionne l'avenir d'un pays. Et pour ce faire, ces postes devraient être logiquement les plus lucratifs et les mieux honorés. Mais, c'est là une question que j'ai abondamment développée par ailleurs, et sur laquelle je ne m'étendrai pas.

Pour revenir au problème de la construction et de l'aménagement rationnel du point de vue climatique des locaux scolaires, pourquoi l'Etat n'envisagerait-il pas, comme il l'a fait pour les logements, un impôt spécial sur les salaires, plus ou moins temporaire ? Je ne verrais d'ailleurs pas d'inconvénient à ce que le produit de cet impôt fût affecté à l'amélioration, dans tous les domaines, de l'instruction et de l'enseignement. Nous savons combien le 1 % prévu pour les logements a eu d'heureux effets. Je suis certain que tous les industriels s'y plieraient de bonne grâce si on leur en montrait l'opportunité.

Sans doute, objectera-t-on que, finalement, cet impôt ne serait pas essentiellement payé par les industriels, mais diminuerait le niveau de vie général en se répercutant sur les prix. Mais ceux d'entre nous qui ont atteint un certain âge et ont de grands enfants, savent bien qu'ils sont les seuls dispensateurs de joies réelles. Est-il de plus grande satisfaction, au soir de sa vie, que celle d'avoir des enfants qui vous font honneur ? Mieux ces enfants seront instruits, mieux ils seront éduqués et armés pour la vie, plus ils auront de chances d'honorer leurs parents, quelle que soit leur classe sociale.

Autant en emporte le vent, direz-vous... Mais, la mécanique nous apprend que tout choc enfonce un clou. Et si les hommes de bonne volonté arrivent à créer un mouvement d'opinion en faveur de cette jeunesse, ils n'auront pas perdu leur temps.

Il est triste de constater d'ailleurs que, trop souvent, les nations les plus riches font moins de sacrifices pour mieux élever leur jeunesse et en tirer le meilleur parti, que les peuples moins favorisés.

Comme membre du Jury du diplôme d'architecte décerné par le Gouvernement, je voudrais également souligner l'opportunité de spécialiser les architectes. Alors qu'à côté des praticiens de médecine générale, il y a des stomatologistes, des spécialistes du cœur, des voies respiratoires, etc..., pourquoi ne pas avoir des architectes spécialistes des écoles, des hôpitaux, des laboratoires ? Si les problèmes généraux de construction sont les mêmes, les conceptions et les fins de ces différents établissements sont foncièrement différentes et méritent qu'on y consacre toute une carrière.

L'architecte omnibus me fait invinciblement penser à l'histoire d'André Maurois dans « Les discours du docteur O. Grady », que je me permets de vous rappeler :

Le colonel anglais Barker de l'état-major auprès duquel le Français Aurelle, alias André Maurois, servait comme interprète, était envoyé en mission auprès de l'armée portugaise. Son ordre de service lui prescrivait de se faire accompagner d'un interprète. Il choisit le jeune Aurelle, et comme celui-ci objectait qu'il ne connaissait pas un mot de portugais, le colonel rétorqua en substance : « Qu'importe, êtes-vous interprète ? Oui, n'est-ce pas ? Alors, que voulez-vous de plus ? » C'est tout juste s'il n'insinua pas que les Français avaient l'art de se compliquer l'existence.

Je m'excuse auprès de mes amis architectes et de mes élèves. Sans doute, certains d'entre eux sont-ils capables d'étudier, avec compétence, aussi bien une école qu'un hôpital ou un bâtiment d'H.L.M. Je reste, néanmoins, convaincu qu'ils feraient mieux progresser les différentes techniques de conception et d'aménagement s'ils se spécialisaient, encouragés par les pouvoirs publics.

DISCUSSION

M. LE PRÉSIDENT LE MEUR. — Je voudrais remercier en votre nom, à tous, le Président Missenard pour la communication fort intéressante qu'il vient de nous faire. Je crois qu'elle a ouvert par sa simplicité et par son efficacité des perspectives qu'aucune des communications antérieures n'avait su rassembler avec autant de netteté.

Les Pouvoirs publics sont mis en cause. Je crois que je pourrai donner à cette assemblée certaines indications, sur le dernier point en particulier. Le Président Missenard a signalé combien il serait souhaitable que les architectes deviennent eux aussi des spécialistes des constructions scolaires. Ce problème, en ce qui concerne la France, n'a pas été complètement perdu de vue; nous avons essayé depuis un an de créer à l'Éducation Nationale un corps d'architectes coordonnateurs. Non pas que ces architectes doivent avoir le monopole de toutes les constructions scolaires, mais parce qu'ils devraient être auprès de leurs confrères architectes d'opération, les guides, les chefs d'équipe de ceux qui appartiendront à la même cordée qu'eux.

C'est sur ces architectes coordonnateurs que des directives aussi précises que celles qui viennent d'être évoquées pourraient absolument donner le maximum de fruits. Je pense donc que l'idée émise par le Président Missenard rejoint ce que nous avions inconsciemment ou consciemment senti, non pas uniquement dans le domaine de la ventilation et du chauffage, mais pour tous les problèmes qui ont trait à la construction des écoles.

Et maintenant, je crois qu'il est opportun qu'autour de cette conférence si précise, s'instaure une discussion très libre entre les différents participants.

M. DESPLANCHES. — J'approuve le schéma proposé par le Président Missenard en ce qui concerne la ventilation des locaux à construire, c'est-à-dire l'émission d'air par le plafond perforé. Ce système est déjà en application depuis un certain temps dans des locaux commerciaux, et certains d'entre vous même ont pu l'apprécier dans un endroit connu, dans un train qu'on prend souvent, c'est le Mistral, qui souffle en hiver de l'air chaud, en été de l'air froid, et je pense que vous vous y sentez confortablement installés. L'émission est faite entièrement par le haut, par le plafond perforé, et reprise sous les sièges. Par conséquent, au point de vue confort, je crois que cela réalise le maximum, avec l'entraînement des poussières vers le bas.

La seule objection que je puisse faire, c'est que le ventilateur d'extraction va se trouver à la partie inférieure. La zone neutre va donc être près du plancher.

M. LE PRÉSIDENT MISSENAUD. — Tout dépend des pressions relatives et des pertes de charge dans les plafonds. Avec deux ventilateurs, vous pouvez régler la hauteur de la zone de dépression.

M. DESPLANCHES. — Oui, mais étant donné que l'entrée d'air aspiré par le ventilateur a lieu à quelques centimètres du ras du sol, vous n'arriverez jamais à ramener la zone neutre à ces quelques centimètres. Par conséquent, il faudrait prendre la précaution dans ce système d'avoir des portes ou des ouvertures particulièrement étanches vers le bas, sinon on tirera de l'air froid mais on ne fera pas descendre de l'air tiède.

J'approuve également ce que vous avez dit au sujet du conditionneur; cela me paraît le moyen le plus économique de réaliser l'installation placée à l'extérieur dans le couloir ou même à l'intérieur, en envoyant de l'air pris uniquement à l'extérieur, de façon

à avoir de l'air frais susceptible de balayer la salle. Ces appareils ne sont pas compliqués; ils vont comprendre : un filtre, une batterie de chauffe pour amener l'air à la température convenable et un ventilateur à turbine libre. Je crois qu'on peut produire en série des appareils de ce type, à des prix extrêmement bas, parce qu'enfin une classe, c'est toujours de 200 à 250 m³ à renouveler cinq ou six fois, c'est un volume entre 1 000 à 1 200 m³ à véhiculer. Cela ne constitue pas un appareil extrêmement compliqué ni très cher.

M. LE PRÉSIDENT MISSENAUD. — Surtout dans la mesure où les locaux seraient normalisés comme le propose M. de Grave. Je ne vois aucun inconvénient à rencontrer la même école à Carpentras ou à Saint-Quentin.

M. DESPLANCHES. — C'est à quoi il faut arriver. Une classe de quarante élèves peut être un objet standard, avec lequel on joue comme avec un jeu de cubes pour faire un établissement scolaire. La classe et son équipement technique doivent constituer un bloc.

Quant à savoir si la France peut faire de telles installations de ventilation dans de très nombreuses classes, cela peut se discuter. Mon point de vue est le suivant : si on regarde la dépense à laquelle conduit la ventilation en air frais, on est surpris des chiffres relativement bas que l'on obtient. En admettant le débit de 30 m³ par élève, pour quarante élèves, cela fait 1 200 m³. En moyenne, sur l'hiver il faut compter 15° C d'écart; cela conduit à l'introduction dans le local d'environ 4 500 à 5 000 kcal/h. Or 4 ou 5 000 kcal/h par classe, ne correspondent qu'à 2 kg de charbon à l'heure au maximum.

À six heures de fonctionnement, vous voyez que la consommation de combustible résultant de l'envoi dans les pièces d'environ 1 000 à 1 200 m³ d'air extérieur chauffé pendant les heures d'occupation, n'est pas rédhibitoire, et étant donné les sommes dont l'enseignement dispose et les bienfaits que l'on peut tirer de la ventilation, je crois que c'est une dépense qui peut payer.

M. LE PRÉSIDENT MISSENAUD. — Elle est certainement payante du point de vue social. Les charges que représente la maladie de l'enfant hospitalisé et qui risque de perdre une année d'études sont lourdes. Quand on songe qu'à Lyon, où j'étais à un congrès il y a quelques jours, il m'a été dit que certains incurables coûtaient 15 000 F par jour, j'aimerais mieux dépenser 10 kg de charbon pour ventiler une classe de quarante enfants!

M. DESPLANCHES. — Y aurait-il possibilité de faire une recherche pour voir dans quelle mesure l'absentéisme est diminué dans une série de classes identiques, les unes avec le chauffage habituel et les autres ventilées suivant le système que nous venons d'examiner?

M. MARCQ. — Je voudrais d'abord poser quelques questions au sujet de la brillante communication faite par M. Missenard.

Dans la récapitulation des conditions à maintenir dans les classes, M. Missenard a parlé, au point de vue degré hygrométrique, de 50 à 60 %. N'est-ce pas un peu restreint?

M. LE PRÉSIDENT MISSENAUD. — Oui; d'ailleurs j'ai dit que c'était l'idéal, mais qu'en réalité, dans nos pays où l'hygrométrie ne variait guère entre 35 et 70 %, il n'y avait pas de problème.

M. MARCQ. — Second point : vous avez, comme vous l'avez déjà fait antérieurement, insisté sur l'intérêt qu'il y a à développer

la capacité de résistance de l'individu par une variation de la température intérieure. Je voudrais savoir s'il existe des résultats d'essais sur ce que l'on peut obtenir.

M. LE PRÉSIDENT MISSENERD. — Les observations sont plutôt qualitatives que scientifiques. En particulier l'expérience en a été faite pendant la guerre où l'on se chauffait peu. A vrai dire, ces résultats concernent deux phénomènes concomitants : le fait que l'excès de température intérieure est nocif (c'est-à-dire qu'en limitant la température intérieure, en chauffant peu, on renforce certainement la thermorégulation) et par ailleurs le fait qu'en faisant varier la température intérieure on renforce aussi cette thermorégulation puisque le chauffage rudimentaire par poêles utilisé pendant la guerre ne maintenait pas la température constante. Sur ce deuxième point j'ai fait un certain nombre d'expériences dans des bureaux. Malheureusement, elles portent sur un nombre limité de sujets; mais j'ai constaté, et je suis intimement persuadé, que la thermorégulation est renforcée par ces variations de température intérieure.

M. MARCQ. — Vous avez dit qu'il n'était pratiquement pas possible de faire un réglage séparé par classe. Je crois qu'il ne faut pas exagérer dans ce sens.

M. LE PRÉSIDENT MISSENERD. — J'ai eu tort; je m'en suis aperçu en relisant mon texte. Dans le stade intermédiaire, on règle centralement pour toutes les classes. Dans la pratique on s'est aperçu que c'est une erreur car les conditions d'exposition sont telles qu'en réalité ce procédé est utopique. On ne peut le faire qu'en fonction des diverses expositions; et quand on veut le faire avec un fluide imparfait comme la vapeur, cela conduit à de multiples incidents.

M. MARCQ. — Je crois qu'il faut tendre à faire le réglage par classe. Parce que les occupations varient de classe à classe, d'heure en heure, ainsi que l'insolation.

M. LE PRÉSIDENT MISSENERD. — Il n'y a aucun doute, c'est le cas typique où il faut faire des régulations indépendantes.

M. MARCQ. — Encore un point; dans vos propositions de chauffage par plafond, je ne vois pas très bien comment on pourra résoudre convenablement le problème de la descente d'air froid le long de la fenêtre et tenir compte du problème du climat pour les élèves se trouvant près des fenêtres.

M. LE PRÉSIDENT MISSENERD. — Je pense qu'il faut avoir pour cette question recours aux lumières de Saint-Gobain et je crois qu'il y aurait intérêt à avoir des vitres doubles pour limiter le rayonnement froid de ces parois et réduire l'importance des courants descendants froids le long de ces parois.

Maintenant, il est probable que l'on peut combattre le rayonnement froid de ces parois en mettant des convecteurs présentant de grandes surfaces rayonnantes à basse température.

M. MARCQ. — Je pense que le double vitrage ne sera pas tout à fait suffisant. Je n'ai pas l'expérience du chauffage par rayonnement dans les classes, mais je l'ai dans d'autres locaux, et je constate qu'avec le chauffage de plafond on a encore des plaintes dans les bureaux, de la part des occupants qui se trouvent près des fenêtres.

M. LE PRÉSIDENT MISSENERD. — Probablement pourrait-on renforcer le chauffage du côté des fenêtres. On pourrait disposer une surface rayonnante, par exemple au-dessus de la fenêtre, à plus haute température, pour que le rayonnement froid soit compensé dans une certaine mesure par le rayonnement chaud de cette partie du plafond. Je sais bien que la solution est plus théorique que pratique.

M. MARCQ. — Dans le système que vous proposez, où on aurait en fait un chauffage d'une part par le plafond et une ventilation d'autre part, je ne vois pas comment vous allez faire la régulation, compte tenu des apports de chaleur variables dans la classe et dans le temps.

Je pense que le système américain que nous appelons le ventilo-convecteur, présente l'avantage de faire une régulation unique avec un seul appareil.

M. LE PRÉSIDENT MISSENERD. — Cette solution pourrait se combiner avec les autres. Le seul principe essentiel de mon exposé est d'obtenir une circulation descendante. Je crois que c'est parce que la ventilation actuellement réalisée maintient en suspension les germes microbiens que je la condamne.

M. MARCQ. — Si nous prenons le cas du système à ventilo-convecteur, il y a le fait qu'il y a un mouvement de convection dans le sens défavorable, mais d'autre part vous avez une dilution des microbes ou des bactéries dépendant du renouvellement d'air que vous réalisez.

M. LE PRÉSIDENT MISSENERD. — Je ne dis pas que les appareils soient indésirables; je ne dis pas qu'ils ne réalisent pas de meilleures conditions que l'ensemble des appareils en service et ne sont pas supérieurs à d'autres systèmes. Mais à mon avis ce n'est pas le procédé idéal. Certes, ils prennent l'air à la partie basse; mais une vitesse ascendante engendre toujours des mouvements induits qui maintiennent en suspension des germes qui auraient tendance à se déposer s'il n'y avait rigoureusement aucune vitesse d'air — ce qui est impossible — mais qui se déposeront d'autant mieux que la vitesse d'air sera descendante.

M. ROBA. — On a l'air d'essayer de déterminer un système de chauffage pour une école, comme si toutes les écoles étaient les mêmes. Or d'après les différentes conférences faites, il apparaît, me semble-t-il, qu'il y a plusieurs types d'écoles, en tout cas, au point de vue de leur utilisation. Dans la première communication, on a insisté sur les économies que l'on pourrait réaliser avec l'intermittence. Or nous savons qu'on réalise des économies encore plus grandes autrement. Dans les autres communications, on nous a dit, notamment en Belgique, qu'il y a lieu d'insister beaucoup sur l'isolation et le renforcement de l'isolation des constructions scolaires.

Je me demande s'il n'y a pas lieu de distinguer deux types de bâtiments scolaires : les bâtiments scolaires peu utilisés, les écoles primaires se trouvant à la campagne par exemple, et d'autre part les bâtiments scolaires à utilisation depuis 7 h du matin jusqu'à 10 h du soir, comme en Pologne, avec des programmes de construction et de mode de chauffage complètement différents. Quand on a peu d'heures d'utilisation, on peut construire des bâtiments légers, avec des systèmes de chauffage très peu inertes du genre air chaud, et d'autre part avec une occupation de longue durée l'on peut avoir des bâtiments à exploitation pratiquement continue, il n'y a pas d'inconvénient à avoir des modes de chauffage comme le rayonnement.

M. MARCQ. — Pour répondre à M. Roba, je crois que même dans les écoles à utilisation journalière longue, il y a intérêt à avoir un système de chauffage souple, parce que l'apport thermique dans une classe peut varier au cours de la journée, et très fort.

En ce qui concerne l'isolation des bâtiments, je dirai qu'au point de vue du rafraîchissement que l'on peut obtenir avec la ventilation mécanique, il y aurait intérêt en demi-saison à avoir une isolation faible, tandis qu'en hiver il y a intérêt à avoir une isolation forte. Et je me demande s'il ne serait pas possible de réaliser des fenêtres doubles dont on enlèverait en demi-saison le châssis intérieur.

M. LE PRÉSIDENT MISSENERD. — C'est une solution élégante.

M. ANDRY. — Les ventilo-convecteurs dans les petites écoles de quatre ou cinq classes, c'est très bien; mais dans les grandes écoles où il y a dix, treize ou quinze classes et plus, cela fait une multiplication considérable de frais d'entretien.

Ceci est un point de détail et je voudrais surtout poser une question d'ordre général. Vous avez vous-même, M. Misserand, soulevé ici le problème de la coordination de tous ces efforts que déploient les chercheurs, chacun dans son pays ou même dans son département spécialisé. Pourquoi n'existe-t-il pas, et justement dans le cadre de l'UNESCO par exemple, un centre coordinateur de toutes ces recherches, un centre coordinateur qui grouperait toutes les statistiques? Il étudierait en détail des études admira-

ement faites, comme celle de M. Koziarski par exemple, qui nous donnerait à nous autres fabricants et qui donnerait à vous autres nationaux, dans les différents pays, des directives précises, scientifiques, sans caractère commercial, en ce qui concerne le problème de ventilation.

M. LE PRÉSIDENT MISSENERD. — Je remercie M. Andry de son intervention. Il ne nous appartient pas de promouvoir une organisation internationale pour étudier ces problèmes. Nous faisons ce qui est à notre échelle, nous faisons des congrès où nous demandons à tous les techniciens et savants de venir nous exposer leur point de vue pour essayer de faire progresser la question. Il existait avant la guerre, au Comité d'Hygiène de la Seine, une section chauffage et Ventilation, dont faisait partie M. Bedford et votre collègue. Ce Comité a disparu avec la guerre.

M. DUPUY. — Je voudrais parler de la question de la ventilation pendant les récréations.

Cela vaut évidemment mieux que de ne rien faire, mais c'est un procédé assez barbare. Il ne faut pas considérer simplement des demi-journées composées de deux classes d'une heure et demie ou d'une heure. Elles sont séparées par l'intervalle du déjeuner de 11 h 30 à 13 h 30. Généralement on bien on ouvre les fenêtres à 11 h 30 et elles restent ouvertes jusqu'à 13 h 30, ce qui fait une perte de chaleur assez sérieuse, ou bien on ne les ouvre pas. Monsieur le représentant du Ministre pourra me contredire si je me trompe, mais je connais quelques écoles et crois pouvoir dire que personne n'est chargé de fermer les fenêtres un quart d'heure ou une demi-heure après la sortie.

D'autre part, ce mode de ventilation utilise la capacité d'air de la classe; il est d'autant plus efficace que la classe dure moins longtemps et que le volume de la pièce est plus grand. On peut en tirer plusieurs conclusions. D'abord, si l'on est amené à se contenter de cette solution il y a intérêt à ce que les durées de classe ne soient pas trop longues, et aussi à ce que les classes soient de grande hauteur. Comme je l'ai écrit il y a quelque temps, la hauteur est la seule dimension dans laquelle on puisse utilement augmenter le volume d'une classe; si on l'augmente en plan, on trouvera toujours le moyen d'ajouter des tables et des élèves.

Par conséquent l'architecte ne doit pas abaisser les plafonds, sauf s'il prévoit une ventilation mécanique. Et ceci introduit une autre conclusion intéressante : la ventilation mécanique est certainement une cause de supplément de dépenses, mais ne permet-elle pas de compenser en partie au moins cette augmentation des prix par la réduction des hauteurs qui serait impossible ou dangereuse dans le cas de la ventilation naturelle ?

D'autre part, lorsqu'on a parlé d'insuffler 30 m³ par élève et par heure, on ne tient pas compte de ce volume préexistant. Il y a déjà eu des études à ce sujet-là qui prouvent que si la durée de classe est assez courte, on peut réduire quelque peu le débit.

M. LE PRÉSIDENT MISSENERD. — 5 m³ par élève et par classe ! Ce n'est pas important. C'est pourquoi je n'ai pas voulu tenir compte de cet élément.

M. DUPUY. — Je crois que l'avenir hygiénique est à la ventilation mécanique et j'apporte simplement quelques arguments complémentaires en sa faveur.

M. LE PRÉSIDENT MISSENERD. — Il n'y a aucun doute que la solution consistant à augmenter la hauteur des classes pour augmenter le volume d'air est mauvaise; mieux vaut pour une même dépense réaliser une ventilation mécanique. Mieux vaut même, baisser la hauteur habituelle et faire une ventilation mécanique. Un ventilateur était autrefois un appareil compliqué et bruyant. Maintenant un ventilateur, et même un circulateur de chauffage, peuvent être rigoureusement silencieux.

M. DESPLANCHES. — Le seul point que nous avons oublié de traiter dans cette ventilation, c'est que vous considérez les mètres cubes d'air extérieur comme étant propres; c'est peut-être vrai à la campagne, mais tout de même, dans les villes où il y a la majorité des classes, on ne peut pas appeler cela de l'air propre.

M. LE PRÉSIDENT MISSENERD. — Je l'ai souligné en passant et j'ai dit que je ne m'en occuperai pas. Ce problème est pratiquement insoluble, nous en sommes bien d'accord, à un prix raisonnable ! C'est un des méfaits de la vie urbaine : faire vivre des enfants dans les villes est une hérésie du point de vue humain et c'est pourquoi nous avons tout de même le devoir d'essayer de les placer dans les écoles dans les conditions les moins mauvaises possible, puisque nous leur faisons mener une vie contre nature.

M. MAUNY. — Comme suite à l'intervention de M. Desplanches tout à l'heure et à ce qu'a dit M. Dupuy au sujet du volume d'air à renouveler, je vous apporte des informations. Depuis plus de trente ans nous pratiquons l'air pulsé dans les locaux scolaires. Nous avons l'habitude, l'expérience, de renouveler l'air sur la base de 15 m³ par heure et par enfant. En conclusion, en 1935, une directrice d'école nous a écrit : « J'ai une école de cent dix élèves; malgré l'épidémie de grippe qui s'est abattue sur le pays, je n'ai aucun cas. »

Un médecin directeur du bureau d'hygiène nous écrit : « L'état sanitaire dans les locaux de la ville s'est sensiblement amélioré. »

Un directeur d'école qui n'a pas craint de s'affirmer — car souvent quand on leur demande de dire quelque chose ils le disent et quand on leur demande de l'écrire, ils ne l'écrivent pas — m'a écrit : « J'ai douze classes et dans une classe de cours préparatoire où les enfants de six à sept ans sont particulièrement perméables, voici quelles sont mes remarques : effectif : 112 enfants; en décembre, présence 80 %; en février, 96 %; en mars, 96 %. Les absences de novembre et janvier sont dues à un élève qui s'est cassé le bras et en février à un enfant fragile autorisé à manquer une demi-journée. »

Un intendant a écrit, constatant les résultats dans un lycée : « Cette sensation de bien-être, de confort, pas d'oppression ou de gêne, pas d'air confiné, est certainement celle qui frappe le plus quand on se trouve dans une salle chauffée par air chaud pulsé renouvelé. On ne peut pas ne pas le constater. »

M. LE PRÉSIDENT MISSENERD. — J'ai peur que ce ne soit un peu le panégyrique de l'air chaud pulsé. Je crois que toute la salle est convaincue de l'opportunité d'un renouvellement d'air. 15 m³ cela ne nous paraît pas suffisant, mais déjà, quand on pourra obtenir 15 m³ à l'heure, ce sera très supérieur à ce que l'on fait maintenant et les résultats que vous citez le confirment.

M. MAUNY. — On met souvent l'accent sur le bilan d'exploitation. 15 m³, c'est un moyen qui permet d'avoir de bons résultats.

M. DE GRAVE. — Nous avons parlé du chauffage des enfants. Il y a une catégorie de personnes dont nous n'avons pas encore parlé, ce sont les pédagogues. Or il est évident que nous avons appliqué tout de même dans certaines écoles le chauffage par rayonnement par le plafond. Résultat : dossiers volumineux de plaintes parce que le thermomètre ordinaire ne marquait que 17° ou 16° alors que le thermomètre résultant tend à indiquer 19°.

Avec votre proposition extrêmement logique et tout à fait défendable, tant au point de vue physiologique qu'au point de vue technique, d'envisager une ventilation avec de l'air plus froid que 18° C, je suis effrayé. Je suis certain que les professeurs de chimie, de physique, dans les écoles, n'ont aucune idée de la façon de mesurer une température d'air et encore beaucoup moins de mesurer une température résultante. Je vois déjà d'ici un soufflage de l'air avec 14 ou 15° créant une température entre 16° C et 18° C et le professeur d'anglais ou l'institutrice qui emploiera le thermomètre acheté n'importe où et qu'elle mettra de préférence contre une paroi bien refroidie, émettre une protestation véhémement.

Il est absolument indispensable de convaincre ceux qui dirigent les enfants. Je vous avouerai qu'en ce qui me concerne, je n'ai pas voulu tellement attirer l'attention, dans ma communication, sur certaines questions qui m'empoisonnent l'existence, mais par exemple vous avez parlé de variations de 3 à 4°; eh bien, je suis obligé de me battre depuis plusieurs années contre les pédagogues qui prétendent chauffer l'enceinte d'une école uniformément à 20°, sans savoir exactement comment les mesurer, et ensuite également

chauffer les locaux de dégagement, les salles de récréation, parce qu'on en arrive à la conception monstrueuse de vouloir faire des préaux où les enfants puissent jouer, mais ces locaux sont fermés soigneusement pour empêcher toute sortie depuis 8 h jusqu'à 16 h; quand ces enfants restent déjeuner à la cantine, on veut empêcher tout contact avec l'atmosphère extérieure, on veut les faire vivre dans une serre chaude, à la température uniforme de 20°!

Non seulement ils n'auront plus le stimulant dont vous parliez, mais même en supposant qu'on leur donne 20, 30, 40, 50 m³ d'air frais, je suis persuadé qu'en sortant de ces écoles, ils vont attraper un rhume, des laryngites et toutes les affections microbiennes.

Par conséquent, je me permets d'insister sur la nécessité de ne pas trop chauffer les écoles, vous avez raison, M. le Président, mais également, à l'intérieur des locaux il faut ménager une espèce de transition entre les locaux de classe et l'extérieur d'une part, et obliger les enfants, pendant leur durée de séjour à l'école, à ne pas toujours séjourner à la même température, d'autre part — c'est-à-dire que le passage d'une classe à une autre devrait être fait par des locaux beaucoup plus froids — et enfin obliger les enfants à jouer à l'air libre, même s'il gèle.

Je crois, M. le Président, qu'outre la remarquable communication que vous nous avez faite, il serait indispensable de faire un texte très court, un texte pour gens du monde, c'est-à-dire pour personnes qui ne sont pas qualifiées au point de vue thermique et même au point de vue physiologique, de façon à mettre dans les mains des pédagogues et des formateurs de la jeunesse actuelle des considérations saines, au point de vue de la manière de chauffer et de ventiler les locaux. J'ajouterai que ce ne sera pas inutile pour les architectes.

M. LE PRÉSIDENT MISSENAUD. — Je remercie beaucoup M. de Grave de son intervention très pertinente, comme nous y sommes accoutumés. Pour ne pas alourdir mon exposé je n'ai pas parlé de l'arrêt des rayons ultra-violet par les vitres, ce qui fait que dans un local on se trouve dans une véritable nuit biologique, suivant une expression allemande heureuse. On pourrait étudier le moyen de mieux laisser pénétrer ces rayons.

M. ESCHER-DESRIVÈRES. — En 1928, tous les verriers du monde ont résolu le problème de faire des vitres perméables aux rayons ultra-violet. On a fait des vitres spéciales. Mais on s'est aperçu que dans les villes, l'emploi de ce matériel très cher était parfaitement inutile, parce que les rayons biologiques qui provoquent le

coup de soleil ne se manifestent jamais dans la pratique. Et nous étions arrivés à cette conclusion, c'est que ces produits très chers n'étaient intéressants que pour l'équipement des sanatoria de montagne. Je puis donc conclure que dans l'immense majorité des cas, cela n'est pas utile.

A Paris, par exemple, et dans toutes les grandes villes, vous n'attrapez pas de coup de soleil. C'est donc que les rayons qui sont biologiquement actifs, qui sont en longueur d'onde compris entre 2 960 et 3 500 μ , ne se rencontrent jamais dans les grandes villes.

Le problème verrier que vous nous avez posé non seulement peut être résolu, mais il l'a été. C'est une question de prix. Mais peu importe, si vraiment la fabrication des produits s'avérait extrêmement utile, je vous dirai qu'on pourrait très bien l'envisager, à condition d'avoir des débouchés suffisants. Ce n'est pas une impossibilité technique mais je n'en vois pas l'intérêt pour la raison que je viens de vous expliquer.

M. BRIXA. — Je vous demande la permission de présenter très brièvement l'opinion du professeur Lister, médecin bien connu. Il reconnaît que la climatisation est très importante pour le succès, pour l'effort scolaire des enfants; mais il dit n'avoir pas trop d'espoir quant à la suppression des épidémies, parce qu'un porteur de germes, qui apporte parmi les enfants les germes pathogènes a un effet néfaste que ne compense pas le nettoyage. La climatisation est très importante pour le bien-être des enfants, mais non pas pour la suppression des épidémies.

M. LE PRÉSIDENT MISSENAUD. — On ne pourra pas supprimer les porteurs de germes par la ventilation, mais on pourra éviter que les germes qu'ils émettent dans l'atmosphère, en particulier par les gouttelettes microbiennes, se diffusent dans toute la pièce. Le problème n'est pas de supprimer l'émission de gouttelettes microbiennes, mais de les éliminer le plus rapidement possible.

Je crois que si personne ne demande plus la parole, il me reste, puisque nous avons terminé avec le premier sujet, à remercier M. Le Meur d'avoir bien voulu remplacer M. Donzelot à la présidence de ces deux journées, et vous avez pu par la pertinence de ses interventions apprécier sa grande compétence.

J'en profite pour remercier une fois de plus les conférenciers étrangers et français qui ont bien voulu participer à ces débats et en particulier tous les auteurs de communications.

SOMMAIRE (suite)

PARAITRE :

NOVEMBRE

LE CHAUFFAGE AU GAZ

- A. Kohler**, Nouvelles techniques de la distribution du gaz en France.
P. Delbourg, Les équipements utilisés dans les installations de chauffage et des locaux par le gaz.
R. Odier, Le rôle du gaz naturel dans la distribution du gaz en France.
A. de Jerphanion, L'utilisation du gaz naturel dans les chaudières de grande puissance.

RADIATEURS ET CONVECTEURS

- G. Burnay**, Développement et tendance des essais et recherches sur les corps de chauffe.
C. Maréchal et B. Zimmer, Influence du raccordement et du débit sur l'émission des radiateurs.
D. Thin et R. Cadiergues, Recherches sur le calcul des montages à un tuyau.

DÉCEMBRE

ÉTUDES ET RECHERCHES

- R. Goenaga**, Mesures dans les conduits aérauliques.
F. Clain, Le bruit des ventilateurs.
M. Douchez, Les éjecteurs.
S. Billington, Le chauffage intermittent.
P. Molin, La sécurité dans les installations de chauffage à eau chaude
B. Metz, Repérage de la charge thermique dans les ambiances chaudes.

Conclusion générale des Journées par M. le Président Missenard.

CONTENTS (continuation)

ANNOUNCED :

NOVEMBER

HEATING BY GAS

- J. A. Kohler**, New techniques of gas distribution in France.
P. Delbourg, Equipment used in gas heating premises.
R. Odier, The role of natural gas in gas distribution in France.
A. de Jerphanion, The use of natural gas in large capacity boilers.

RADIATORS AND CONVECTORS

- G. Burnay**, Development and trend of tests and research on heating units.
J.-C. Maréchal and B. Zimmer, Influence of connections and rate of flow on radiator output.
D. Thin and R. Cadiergues, Research on the calculation of single-pipe lay-outs.

DECEMBER

STUDY AND RESEARCH

- R. Goenaga**, Measurements in air conduits.
F. Clain, Ventilator noise.
M. Douchez, Ejectors.
S. Billington, Intermittent heating.
P. Molin, The safety in warm-water heating installations.
B. Metz, Registering the heat load in warm environments.

General conclusion to the sessions by the Chairman Mr. Missenard

Les thèses et la méthode d'exposition adoptées par les conférenciers et les personnes qui prennent part aux discussions peuvent parfois heurter certains points de vue habituellement admis. Mais il doit être compris que ces thèses et discussions, à l'égard desquelles l'Institut Technique ne saurait prendre parti, ne visent en rien les personnes ni le principe des Institutions.

(Reproduction interdite.)

ÉDITÉ PAR LA DOCUMENTATION TECHNIQUE
DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS,
6, RUE PAUL-VALÉRY, PARIS-XVI^e.

6565-10-59 Typ. FIRMIN-DIDOT et C^{ie}, Mesnil (Eure)
Dépôt légal : 4^e trim. 1959.

(Ann. I. T. B. T. P.)

Le Directeur-Gérant : P. GUÉRIN.

DOCUMENTATION
TECHNIQUE

142

RÉUNIE EN MAI-JUIN 1959

SERVICE DE DOCUMENTATION

L'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics peut en général fournir la reproduction *in extenso* des documents figurant à l'index analytique de documentation : sur microfilms négatifs de 35 mm qui peuvent être lus en utilisant soit un agrandisseur photographique durant, soit un lecteur de microfilms ou sur papiers positifs pour lecture directe.

Les demandes de documents doivent comporter le numéro d'ordre accolé en tête de l'analyse, le titre du document et le nom de l'auteur.

Prix des reproductions photographiques

Microfilms : la bande de 5 images (port en sus).....	250 F
Positifs sur papier : la page (port en sus):	
Format 13 × 18.....	110 F
Format 18 × 24.....	130 F
Format 21 × 27.....	170 F
Minimum de perception	350 F

Ces prix sont susceptibles de variation.

Pour tous renseignements, s'adresser à l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics
6, rue Paul-Valéry, Paris-XVI^e.

I. — INDEX ANALYTIQUE DE DOCUMENTATION

Les références de chaque article sont données dans l'ordre suivant : Numéro d'ordre, titre de l'article, nom de l'auteur, nom de la revue, date, numéro du fascicule, nombre de pages, nombre de planches.

Sauf indication contraire, les documents signalés sont rédigés dans la langue de leur titre original, qui est reproduit entre parenthèses, à la suite de la traduction de ce titre en français.

C — SCIENCES DE L'INGÉNIEUR

RÉSISTANCE
DES MATÉRIAUX

1-142. Contribution au calcul des déformations élastiques et plastiques des poutres en béton armé (Ein Beitrag zur Berechnung der elastischen und plastischen Durchbiegungen schlaff bewehrter Stahlbetonbalken). MEH-

MEL (A.); *Bauingenieur*, All. (jan. 1959), n° 1, p. 9-14, 4 fig., 1 réf. bibl. — Présentation d'une méthode de calcul illustrée d'un exemple numérique. — E. 56506.
CDU 624.044 : 624.072.2 : 624.021.45.

2-142. Dalle-champignon rectangulaire reposant sur un poteau (et sur les quatre côtés) I. II. (fin) — (Punktunderstodda plattor). BAEHRE

(R.); *Nord. Betong*, Suède (1958), n° 4, p. 359-376, 14 fig.; (1959), n° 1, p. 15-30, 19 fig., 3 réf. bibl. (résumé anglais). — Méthodes de calcul permettant de déterminer, d'une part les déformations par flexion d'une dalle-champignon rectangulaire soumise à une charge concentrée, d'autre part les variations des réactions aux appuis latéraux d'une dalle-champignon prenant appui sur un poteau dans

Les analyses sont publiées dans l'ordre des rubriques de la classification du système CORDONNIER, établie pour le rangement du fichier de documentation de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics et elles comportent une indexation suivant la notation de la Classification Décimale Universelle (CDU).

sa zone centrale, suivant la position de ce poteau. — E. 55836, 57123.

CDU 624.04 : 624.073/8.

3-142. La distribution des charges résultant de la présence de nervures transversales dans les planchers nervurés en béton armé (Lastverteilung in Stahlbetondecken durch Querrippen). CASSENS (J.); *Beton-Stahlbau*, All. (déc. 1958), n° 12, p. 311-315, 9 fig., 2 réf. bibl. — Étude de la distribution des charges dans les cas où une, deux, ou trois nervures ont été prévues entre deux poutres en raison de la présence de cloisons lourdes. — E. 55994.

CDU 624.04 : 69.025.22 : 624.073/2.

4-142. Méthode de calcul des contraintes dans les sections de tunnels (Analytische Spannungsermittlung bei Tunnelquerschnitten). ERAS (G.); *Bauingenieur*, All. (fév. 1959), n° 2, p. 49-53, 6 fig., 4 réf. bibl. — Présentation de la méthode; exemple numérique traité. — E. 56836.

CDU 624.04/43 : 624.19.

5-142. Appréciation du danger auquel sont exposés les ouvrages du fait des vibrations (Ueber die Beurteilung der Gefährlichkeit von Erschütterungen bei Bauten). GEIGER (J.); *Bauingenieur*, All. (jan. 1959), n° 1, p. 19-23, 4 fig., 7 réf. bibl. — Recherches sur le comportement de bâtiments dans le cas de secousses dues à des causes diverses : tremblement de terre; explosion dans une usine de produits chimiques; vibrations causées par des machines; tir à la mine. — Bases d'une nouvelle méthode de calcul des ossatures, et indications pratiques sur la façon de mesurer les vibrations dans les bâtiments — E. 56506.

CDU 699.84/5 : 624.04 : 69.001.5.

6-142. Détermination des fréquences propres de plaques circulaires avec raidisseurs parallèles aux bords dans le cas de conditions aux limites de Navier (Ermittlung der Eigenfrequenzen von Rechteckplatten mit randparallelen Steifen bei Navierschen Randbedingungen). SIMON (G.); *Stahlbau*, All. (déc. 1958), n° 12, p. 309-314, 9 fig., 4 réf. bibl. — Étude des problèmes liés à la valeur de la fréquence propre des plaques métalliques utilisées comme tables supportant des machines tournantes, et aux phénomènes de résonance correspondants. — E. 56060.

CDU 534 : 624.073 : 691.714 : 621.9.

7-142. Flambement plastique du voile mince cylindrique circulaire (Plastische Knickung der Kreiszyllinderschale). NEUBER (H.), LANDGRAF (G.); *Bauingenieur*, All. (fév. 1959), n° 2, p. 44-48, 12 fig. — Formules de base de Flugie; détermination du module de plastification d'après la courbe contraintes-déformations; détermination de la déformation par le calcul; établissement du critère de stabilité pour différents cas. — E. 56836.

CDU 624.075.2 : 624.074.4/7.

8-142. Le flambement des poteaux en maçonnerie d'agglomérés de béton au gaz (Wyboczenie filarów murowanych z bloków gazobetonowych). ZEMBROWSKI (J.); *Przegl. Budowl.*, Pol. (avr. 1958), n° 4, p. 165-170, 13 fig., 2 réf. bibl. — E. 53170.

CDU 624.075.2 : 624.072.3 : 691.33 : 666.973.

9-142. Flambement latéral des poutres métalliques de section constante et de section variable (Allando és változó keresztmetszetű aceltartók kifordulása). HUNYADI (F.); *Építőipari Közlekedési Műszaki Egyetem Tudományos Közleményei* Hongr. (1958), t. 4, n° 1, p. 11-41 18 fig., 20 réf. bibl. (résumés allemand, français, anglais, espagnol). — Présentation d'une méthode de calcul inspirée des normes hongroises. Exemples numériques. — E. 57594.

CDU 624.075.3 : 624.072.2 : 624.014.2.

10-142. Recherches sur l'écroutissage des tuyaux en cuivre doux (Onderzoek naar het hard worden van zacht koperen buizen). *Keuringsinst Waterleidingartikelen N.V.*

(KIWA), Pays-Bas (fév. 1958), Mededel. n° 5, 28 p., 9 fig. (résumés anglais, français, allemand). — Compte rendu d'essais effectués sur des tuyaux de conduites d'eau enterrées, écroutis par déformation lors de la pose. — E. 57704.

CDU 539.387 : 621.643.2 : 691.73 : 69.001.5.

11-142. Caractéristiques de résistance du béton soumis à des contraintes dans une ou deux directions (Betonin lujuusominaisuksista yksi- ja kaksiakselisessa jännityslassa). ANGGERVO (K.); *Valt. tek. Tutkimuslaitos*, Finl. (1958), Tiedotus Sarja 3, Rakennus 17, 57 p., 45 fig., 13 réf. bibl. (résumé allemand). — Compte rendu d'essais de résistance effectués en Finlande sur des éprouvettes de bétons réalisés avec des agrégats locaux et du ciment Portland ordinaire. — Comparaison des données théoriques relatives au module d'élasticité du béton avec les données expérimentales. — E. 56187.

CDU 539.4 : 666.972 : 624.043.

12-142. Comparaison de la résistance à la compression et à la flexion des bétons confectionnés avec ou sans entraineurs d'air (Comparison of the compressive and flexural strengths of concrete with and without entrained air). SHACKLOCK (B.W.), KEENE (P.W.); *Civ. Engng publ. Works Rev.*, G.-B. (jan. 1959), vol. 54, n° 631, p. 77-80, 10 fig., 3 réf. bibl. — Compte rendu d'essais effectués, après cure dans l'eau ou dans l'air, sur des bétons semblables en ce qui concerne le dosage en ciment et l'ouvrabilité. — E. 56407.

CDU 620.17 : 666.973.6.

13-142. Étude expérimentale des propriétés élastiques des murs de briques, et des murs constitués de montants alternés de briques, et de béton de laitier (Badanie sprężystości murów ceglanych i ceglano-zuzobetonowych). GOŁBIEWSKI (Z.); *Archiv. Inż. Ludowej*, Pol. (1958), t. 4, n° 2, p. 229-258, 27 fig., 2 fig. h.-t., 8 réf. bibl. (résumés russe, anglais). — Compte rendu d'essais ayant porté sur trente-cinq éléments de murs soumis à une charge verticale. — Les résultats des mesures des déplacements verticaux ont permis de déterminer la relation entre le module d'élasticité E d'un mur, l'effort de compression σ et la résistance à la compression R.m. — E. 54420.

CDU 539.3 : 69.022 : 693.2/5 : 69.001.5.

14-142. Le rôle de répartition des charges des nervures transversales des planchers nervurés en béton armé (Die lastverteilende Wirkung von Querrippen in Stahlbetondecken). BARTH (R.); *Bautechnik*, All. (déc. 1958), n° 12, p. 462-467, 15 fig., 1 réf. bibl. — E. 56061.

CDU 624.04/42/43 : 69.025.22 : 624.012.45.

15-142. Force portante d'un mur en béton armé soumis à des charges situées dans le plan de symétrie (Keskeisesti kuormitetun terasbetoniseinan lommahdusluvut). YLINEN (A.); *Valt. tek. Tutkimuslaitos*, Finl. (1958), Tiedotus Sarja 3, Rakennus 26, 58 p., 15 fig., 20 réf. bibl. (résumé anglais). — Étude théorique des cas de déformation correspondant au flambement pour différentes conditions aux limites et différentes armatures. — L'influence des armatures situées dans le plan de symétrie du mur est faible. — E. 56194.

CDU 624.046 : 69.022 : 624.012.45.

16-142. Valeurs à utiliser dans la détermination de la résistance maximum de poutres en béton précontraint (Design values for ultimate strength of prestressed concrete beams). ABELLES (P.W.); *Civ. Engng publ. Works Rev.*, G.-B. (jan. 1959), vol. 54, n° 631, p. 70-72, 4 fig., 7 réf. bibl. — Historique des travaux de différents chercheurs, notamment de Baker et de Bate. — E. 56407.

CDU 539.4 : 624.072.2 : 624.012.46.

17-142. Étude statistique de la rupture par fatigue des solides (A statistical representation of fatigue failures in solids). WEIBULL (W.);

Kungl. tek. Hogskolas Handlingar, Suède (1949), n° 27, 50 p., 30 fig., 11 réf. bibl. — Étude de la probabilité de rupture en fonction de la charge et du nombre de cycles de sollicitation. — Les effets des dimensions et des différents paramètres à considérer. — Exemples numériques. — Emploi de machines à cartes perforées. — E. 55630.

CDU 539.4 : 534.691.

18-142. La fatigue des métaux. — CAZAUD (R.); *Édit. Dunod Fr.* (1959), 4^e édit. 1 vol., x + 574 p., nombr. fig. — Voir analyse détaillée B. 2674 au chapitre III « Bibliographie ». — 0.85/59.

CDU 539.388.1 : 691.7 : 534 (03).

19-142. Le polyèdre d'écoulement pour l'élément à section rectangulaire ou en I soumis à un moment fléchissant, à un effort longitudinal, et à un effort tranchant. (Contribution à l'étude de la méthode générale de calcul à la rupture des portiques plans) — (Fließpolyeder des Rechteck- und I-Querschnittes unter der Wirkung von Biegemoment, Normalkraft und Querkraft. — Ein Beitrag zum allgemeinen Traglastverfahren für ebene Rahmen-). KLÖPPEL (K.), YAMADA (M.); *Stahlbau*, All. (nov. 1958), n° 11, p. 284-290, 11 fig., 18 réf. bibl. — Note sur le calcul à la rupture; conditions d'écoulement pour la section rectangulaire et pour la section en I; caractéristiques physiques du polyèdre d'écoulement plastique. — E. 55494.

CDU 624.044 : 539.5 : 624.072.2 : 624.014.

Cac n Procédés de calcul.

20-142. Tables pour le calcul du voile en forme de paraboloïde elliptique aplati sur plan rectangulaire (Tafeln zur Berechnung des flachen elliptischen Paraboloids über rechteckigem Grundriss). KLIMOV (B.); *Beton Stahlbau*, All. (jan. 1959), n° 1, p. 9-14 16 fig., 5 réf. bibl. — Présentation d'une méthode de calcul et des tables correspondantes, avec exemple numérique. — E. 56379.

CDU 624.04 : 624.074.4 : 518.

21-142. Emploi de calculatrices automatiques pour le calcul au voilement des plaques raidies. Notions mathématiques fondamentales et méthode pratique de calcul (Berechnung von Beulwerten versteifter Platten auf Rechenautomaten : Mathematische Grundlagen und praktisches Vorgehen). BÖRSCH-SUPAN (W.); *Stahlbau*, All. (fév. 1959), n° 2, p. 37-46, 23 fig., 16 réf. bibl. — E. 56797.

CDU 624.075.2 : 624.073 : 624.078.8 : 518.

22-142. Calcul des fondations sur semelles. (Nouvelle méthode de détermination des pressions sur les assises, des moments fléchissants, et des tassements des fondations sur semelle continue et sur radier) — (Berechnung von Flächengründungen. — Ein neues Verfahren zur Bestimmung der Sohldrücke, Biegemomente und Setzungen von Streifen- und Plattenfundamenten. —). KANY (M.); *Édit. Wilhelm Ernst und Sohn*, All. (1959), 1 vol. xii + 202 p., 228 fig., 57 réf. bibl. — Voir analyse détaillée B. 2687 au chapitre III « Bibliographie ». — 0.106-59.

CDU 624.04 : 624.153 : 624.075 : 539.3(03).

23-142. Traitée de béton armé. — T. II. — Le calcul du béton armé. — GUERRIN (A.); *Édit. Dunod*, Fr. (1959), 2^e édit., 1 vol., x + 294 p., 230 fig. — Voir analyse détaillée B. 2675 au chapitre III « Bibliographie ». — 0.130-59.

CDU 624.04 : 624.012.45 (03).

24-142. La conception et le calcul des réservoirs sous pression. CARLSON (W.B.); *Rev. Soud.*, Belg. (1958), n° 3, p. 125-133, 19 fig. — E. 55444.

CDU 624.01/4 : 624.953 : 624.043.

25-142. Calcul dans l'espace des ensembles de portiques à symétrie axiale (Die Berechnung räumlicher Rahmen von zyklischer Symmetrie). BÉRES (E.), LOVASSNAGY (V.), SZABO (J.);

Stahlbau, All. (nov. 1958), n° 11, p. 281-284, 4 fig., 5 réf. bibl. — Présentation d'une méthode simplifiée de calcul de ces structures fréquemment utilisées pour constituer les supports de réservoirs ou de constructions analogues. — Exemple numérique. — E. 55494.

CDU 624.04 : 624.074.5/7.

26-142. La maison en béton armé. — Vue d'ensemble complète des dessins et calculs. ROSCIUCHI (V.); Édité : *Dunod*, Fr. (1959), 1 éd., 1 vol., 400 p., 53 fig. — Voir analyse détaillée B. 2676 au chapitre III « Bibliographie ». — 0.115-59.

CDU 624.04 : 693.95 : 728.2.011.26.

27-142. Calcul des poutres en bois avec semblages par cônes (Asupra calculului inilzor de lemn cu pene). ALEXIU (I.); *Rev. Transport*, Roum. (1958), n° 10, p. 467-477, 1 fig. — Calcul de la répartition des cônes le long des poutres des ponts en bois. Aspect théorique du problème et exemple pratique de dimensionnement des poutres principales d'un pont-route en bois. — E. 55929.

CDU 624.04 : 624.072.2 : 624.011.1 : 624.078.

28-142. Calcul et dimensionnement des poutres-cloisons continues (Beitrag zur Berechnung und Bemessung durchlaufender wandartiger Träger). THON (R.); *Beton-Stahlbetonbau*, All. (déc. 1958), n° 12, p. 297-306, 19 fig., 2 réf. bibl. — Présentation d'une méthode de calcul des poutres plans continus sur plusieurs travées. Étude théorique de la détermination des contraintes; interprétation et utilisation des résultats de ces calculs. Indications succinctes relatives au calcul des armatures des poutres-cloisons en béton armé. — E. 55994.

CDU 624.04 : 624.072/3 : 624.012.45.

29-142. Contribution à l'étude des conditions de stabilité de la poutre console (Beitrag zur Stabilität des Kragträgers). STEINBACH (W.); *Bauingenieur*, All. (nov. 1958), n° 11, p. 414-119, 8 fig., 2 réf. bibl. — Calcul d'une poutre soumise à son extrémité libre, dans son plan et symétrique, à un effort transversal et à un effort longitudinal (matériau suivant la loi de Hooke). — E. 55752.

CDU 624.04 : 624.072.2 : 69.033.38.

30-142. Calcul des portiques étagés soumis des charges horizontales (Zur Berechnung von Stützwerkrahmen mit waagerechter Belastung). AGER (J.); *Beton-Stahlbetonbau*, All. (déc. 1958), n° 12, p. 309-311, 3 fig., 1 réf. bibl. — Description d'un procédé d'itération, illustré par un exemple, permettant de calculer rapidement les moments aux nœuds d'un portique étagé à une travée. — E. 55994.

CDU 624.04 : 624.072.33 : 624.042.

31-142. Application de la méthode des articulations plastiques au calcul d'un portique étagé. Portique à trois travées inégales (Application of the plastic-hinge method to a multiple-bay frame. Frame with three unequal bays). OKARSKI (E.W.); *Concr. Constr. Engng.*, G.-B. (fév. 1959), vol. 54, n° 2, p. 85-95, 7 fig., 3 réf. bibl. — Positions et rotations des articulations plastiques; valeurs des moments aux articulations; exemples d'application. — E. 56735.

CDU 624.04 : 624.072.33 : 624.075 : 721.011.2.

32-142. Comportement sous des charges concentrées de la dalle en porte-à-faux encastree (Die einseitig eingespannte Kragplatte unter Einzellasten). STRELS (E.); *Bautechnik*, All. (fév. 1959), n° 2, p. 62-68, 15 fig., 9 réf. bibl. — Présentation d'une méthode de calcul approchée. — E. 56798.

CDU 624.04 : 624.073 : 69.022.38 : 624.042.

33-142. Le calcul des dalles continues de ponts. I. II. III. (fin) (Die Berechnung von durchlaufenden Fahrbahnplatten). GIENKE (E.); *Stahlbau*, All. (sep. 1958), n° 9, p. 229-237, 18 fig. (nov. 1958), n° 11, p. 291-298, 2 fig.; (déc. 1958), n° 12, p. 326-332, 14 fig.,

7 réf. bibl. — Exposé d'une méthode de calcul des dalles nervurées ou non (en construction métallique ou en construction mixte) reposant dans différentes conditions sur les poutres longitudinales principales et sur les poutres transversales, considérées comme rigides, c'est-à-dire soumises principalement aux efforts de cisaillement dus aux charges du trafic. — E. 54757, 55494, 56060.

CDU 624.04 : 624.21.025 : 624.075.

34-142. Sur le calcul d'une structure hélicoïdale en béton armé (Sul calcolo di una struttura elicoidale in cemento armato). CEGNAR (E.); *Cemento*, Ital. (juil. 1954), n° 7, p. 17-18, 6 fig. — Calcul et détermination de l'armature d'un escalier sans limon ni paillasse. — E. 57636. — Trad. I.T. n° 519, 5 p.

CDU 624.04 : 69.026.254 : 624.012.45.

35-142. Contribution au calcul des arcs à deux articulations selon la théorie du deuxième ordre (Beitrag zur Berechnung von Zweigelenkbögen nach der Theorie II. Ordnung). FALTUS (F.); *Stahlbau*, All. (jan. 1959), n° 1, p. 10-13, 9 fig., 3 réf. bibl. — E. 56448.

CDU 624.04 : 624.072.32 : 624.078.6.

36-142. Calcul des trémies de silos par la méthode « Smolczyk ». CHWEZOFF (W.); *Ingr. Construct.*, Fr. (jan. 1959), n° 23, p. 5-11, 12 fig., 12 réf. bibl. — E. 56505.

CDU 624.04 : 725.36.

37-142. Le calcul des barrages-voûtes par la méthode des réseaux. (Calculul barajelor arcuite prin metoda retelelor). PRISCU (R.), CONSTANTINESCU (M.); *Stud. Cerc. Mecan. apl.*, Roum. (1958), n° 4, p. 1049-1076, 15 fig., 8 réf. bibl. (résumé français). — Présentation d'une méthode de calcul applicable aux barrages dans lesquels le rapport entre le rayon de courbure et l'épaisseur est supérieur à 5. — Application de la méthode au calcul du barrage de Negovanu de 60 m de hauteur. — E. 57182.

CDU 624.04 : 627.8 : 624.074.4.

38-142. Calcul au flambement de portiques isolés en béton armé (Knickberechnung freistehender Stahlbetonrahmen). HABEL (A.); *Beton-Stahlbetonbau*, All. (fév. 1959), n° 2, p. 25-31, 25 fig., 10 réf. bibl. — Présentation de méthodes pratiques pour le calcul des types les plus usuels de portiques en béton armé. — E. 56837.

CDU 624.04 : 624.072.33 : 624.075.2.

39-142. Calcul des poutres, des ensembles de poutres et de poteaux, ainsi que des ponts suspendus à l'aide de la « matrice de Green » (Column-beams and suspension bridges analyzed by a green's matrix). ASPLUND (S.O.); *Chalmers Tek. Hogskolas Handl.*, Suède (1958), n° 204, 36 p., 16 fig. — E. 54898.

CDU 624.04 : 518 : 624.072.2/3 : 624.5.

40-142. Procédé simplifié pour la détermination des surfaces d'influence des moments pour les dalles (Vereinfachtes Verfahren zur Messung von Momenteneinflussflächen bei Platten). ANDRA (W.), LEONARDT (F.), KRIEGER (R.); *Bauingenieur*, All. (nov. 1958), n° 11, p. 407-414, 24 fig., 5 réf. bibl. — Étude d'un procédé comportant l'utilisation d'un appareil de mesure sur modèle de la courbure des dalles, et permettant de représenter directement les surfaces d'influence des moments au moyen de courbes de niveau. — E. 55752.

CDU 624.043 : 624.073 : 531.7.

Caf Essais et mesures.

41-142. Manuel du laboratoire routier. — PELTIER (R.); Édité : *Dunod*, Fr. (1959), 3^e éd., 1 vol., xx + 291 p., 60 fig. — Voir analyse détaillée B. 2677 au chapitre III « Bibliographie ». — O. 116-59.

CDU 620.1 : 625.7 : 624.131.3 : 727.5(03).

42-142. L'auscultation des réservoirs sous pression. SOETE (W.), DECHAENE (R.); *Rev.*

Soud., Belg. (1958), n° 3, p. 134-140, 12 fig., 1 réf. bibl. — E. 55444.

CDU 69.001.5 : 624.953 : 624.04.3 : 620.1.

43-142. Commission pour l'étude de l'alkali-réaction dans le béton. Préparation d'échantillons en vue d'examen au microscope (Committee on alkali reactions in concrete. Preparation of samples for microscopic investigation). POULSEN (E.); *Danish nation. Inst. Build. Res. Acad. Tech. Sci.* (1958), Progress Report M1, 46 p., 31 fig., 63 réf. bibl. — Description des procédés employés au laboratoire de pétrographie de la Commission d'étude de l'alkali-réaction dans le béton au Danemark. — Prélèvement et préparation des échantillons; description du carotier utilisé; mode d'emploi de cette machine; examen des carottes de béton; préparation d'échantillons de faible épaisseur (de 25 à 30 microns), analyses. — E. 55524.

CDU 620.1 : 666.972.015 : 691.322.

44-142. Mesures de contrôle pendant et après la construction d'une piste en béton précontraint (Überwachungsmessungen während und nach der Herstellung einer Spannbetonfahrbahn). MITTELMANN (G.); *Beton-Stahlbetonbau*, All. (fév. 1959), n° 2, p. 37-41, 13 fig., 7 réf. bibl. — Mesures de contrôle effectuées pour étudier le comportement de la piste pour essais de vitesse des usines Volkswagen à Wolfsburg. — Choix des appareils de mesure, résultats des mesures; contraintes du béton; frottement entre la dalle et le béton de la couche inférieure; frottement entre l'acier et la gaine; influence des variations de température sur le mouvement des extrémités de la dalle. — E. 56837.

CDU 69.001.5 : 725.86 : 624.012.46.

Ce MÉCANIQUE DES FLUIDES. HYDRAULIQUE

45-142. Méthodes numériques pour l'étude de l'écoulement à symétrie axiale des fluides parfaits (Metode numerice pentru studiul miscarilor axial-simetrice ale fluidelor perfecte). DUMITRESCU (D.); *Stud. Cerc. Mecan. apl.*, Roum. (1958), n° 4, p. 919-935, 23 fig., 6 réf. bibl. (résumé français). — Étude de l'écoulement d'un fluide parfait incompressible dans une conduite circulaire munie d'un diaphragme ou dans une conduite à l'intérieur de laquelle se trouve un solide symétrique par rapport à un point de l'axe de la conduite. — Présentation de deux méthodes de calcul : la méthode des polynômes de Bessel, et la méthode des réseaux (méthode de relaxation). — E. 57182.

CDU 532 : 621.643.2.

46-142. Essais sur modèles pour l'étude du cours inférieur de la Weser et de ses affluents (Modellversuche für die Unterweser und ihre Nebenflüsse). — *Franzius-Inst. Techn. Hochschule Hannover*. All. (1959), Miteil. Hannover. Versuchsanstalt Grundbau-Wasserbau, n° 15^a et 15^b, 2 vol., n° 15^a (texte), viii + 194 p., 8 pl. h.-t., n° 15^b, 296 fig. — Voir analyse détaillée B. 2689 au chapitre III « Bibliographie ». — E. 56973.

CDU 627.15/16 : 532.5 : 69.001.5. (061.3) (43).

Ci GÉOPHYSIQUE.

Cib m Étude des sols.

47-142. Études expérimentales sur modèles, effectuées pour déterminer la résistance de fondations soumises à des efforts de traction (Indagini sperimentali su modelli intorno alla resistenza di fondazioni soggette a trazione). BERIO (A.), COSSU (P.); *Cemento*, Ital. (nov. 1958), n° 11, p. 3-9, 14 fig., 9 réf. bibl. — Exposé des résultats d'essais sur modèles de fondations à socles multiples pour pylônes de lignes électriques. — Mesure directe des réactions du sol

entourant les parois. Comparaison des résultats avec les prévisions théoriques. — E. 56312.
CDU 624.131.38 : 624.156 : 624.97.

48-142. Essais de chargement de pieux en compression et en traction (Proefbelastingen op druk- en trekpalen). *Lab. Grondmechan. L.G.M Pays-Bas* (juil. 1958), vol. 3, Mededel, n° 1, 24 p., 20 fig., 15 fig. h.-t., 5 réf. bibl. (résumé anglais). — Dans des fondations les pieux peuvent être sollicités à la compression ou à la traction, et la charge admissible peut être estimée approximativement suivant l'état du sol, la constitution et les dimensions des pieux. Mais dans bien des cas il n'est pas certain que les sollicitations réelles seront effectivement celles calculées. Dans ces cas, les essais de chargement, tels que ceux faisant l'objet du présent exposé, apportent la sécurité nécessaire. — E. 54943.
CDU 624.131.38 : 624.154.

49-142. Études de sol pour un chantier naval à Scaramanga (Grèce) (Grondonderzoek voor een scheepswerf te Scaramanga — Griekenland). — *Lab. Grondmechan. (L.G.M.)*, Pays-Bas (oct. 1958), vol. 3, Mededel, n° 2, 35 p., 17 fig., 3 fig. h.-t. (résumé anglais). — Études préliminaires à la reconstruction d'un chantier naval détruit par faits de guerre près d'Athènes. — Travaux sur le terrain et en laboratoire : reconnaissance du sol et détermination de ses caractéristiques, notamment de la compressibilité. — Étude du système de fondation de l'ouvrage. — E. 55118. CDU 624.131.3 : 629.138.

50-142. Remaniements mécaniques des échantillons d'argile prélevés à l'aide de carottiers à piston (Mechanical disturbances in clay samples taken with piston samplers). KALLSTENIUS (T.); *Proc. R. Swedish Geotech. Inst.*, Suède (1958), n° 16, 75 p., 58 fig., 31 réf. bibl. — Compte rendu d'essais exécutés par l'Institut Géotechnique Royal suédois, en collaboration avec l'Institut Géotechnique norvégien et les administrations ferroviaire et routière suédoises, et relatifs à l'emploi de six types courants de carottiers à piston. Étude des remaniements observés et des moyens de les prévenir. — E. 55704.
CDU 624.131.36 : 620.1.05.

51-142. Le domaine plastique limite considéré sur un plan de fondation dans le cadre du calcul à la rupture (Il dominio di snervamento sul piano di fondazione nel calcolo a rottura). BRUZZESE (E.); *G. Gen. civ.*, Ital. (oct. 1958), n° 40, p. 645-657, 14 fig., 7 réf. bibl. — Extension aux fondations du mode de calcul à la rupture, tenant compte des conditions de rupture du sol et aboutissant à des coefficients de sécurité adaptés au comportement réel de l'ouvrage. — Détermination du domaine plastique limite du sol sur le plan de fondation. — Exemple numérique. — E. 56348.
CDU 624.131.5 : 539.4 : 624.15.

Co CONDITIONS ET ÉTUDES GÉNÉRALES. SITUATION GÉOGRAPHIQUE. CONGRÈS

Cod j Règlements. Législation.

52-142. Organisation et comptabilité des Services des Ponts et Chaussées. — PRIEUR

(H.); Édit. : Eyrolles, Fr. (1959), 2^e édit., 1 vol., 198 p., nombr. réf. bibl. — Voir analyse détaillée B. 2679 au chapitre III « Bibliographie ». — 0.79/59. CDU 351.712 (03).

Cod l Normalisation.

53-142. Normes A.S.T.M. adoptées dans les règlements américains de la construction (ASTM standards in building codes). — A.S.T.M., U.S.A. (mai 1958), 1 vol., xxii + 1041 p., nombr. fig., nombr. réf. bibl. — Voir analyse détaillée B. 2683 au chapitre III « Bibliographie ». — 0.107-59.
CDU 691 : 620.1 : 389.6 (73) (03).

54-142. Normes A.S.T.M. sur les agrégats minéraux et le béton (y compris les matériaux sélectionnés pour chantiers routiers). — Spécifications. Méthodes d'essais. Définitions (ASTM standards on mineral aggregates and concrete — with selected highway materials. — Specifications. Methods of testing. Definitions). — A.S.T.M., U.S.A. (sep. 1958), 1 vol., xi + p. 445-818, nombr. fig., nombr. réf. bibl. — Voir analyse détaillée B. 2684 au chapitre III « Bibliographie ». — 0.102-59.
CDU 389.6 : 691.3/4 : 693.5 (03).

55-142. Spécifications et règles pour la construction des ponts-routes. — Section II. Charges et contraintes (Standard specifications and code of practice for road bridges. Section II — Loads and stresses). — *Indian Roads Congress* Jamnagar House, Mansingh Road, New Delhi-2, Inde (1958), 39 p., 20 fig. — Classification; définition des charges; forces et contraintes; contraintes admissibles; pressions sur les fondations; charge permanente et surcharges mobiles; conditions de réduction de l'intensité des contraintes produites par les charges mobiles sur les ponts comportant plus de deux voies de circulation; action des chocs; charges du vent; comportement des piles en rivière sous l'action du courant; efforts longitudinaux; forces centrifuges dans les courbes; poussée des terres; influence de la température; efforts dus aux séismes. — E. 57440.
CDU 624.21.01 : 625.7 : 35.

Cof Études générales. Congrès.

56-142. Évolution des procédés de calcul (Entwicklung der Entwurfsverfahren). RÜSCH (H.); *Précontrainte*, Belg. (juin 1958), n° 1, p. 14-21, 6 fig., 10 réf. bibl. — Texte d'un rapport présenté au Troisième Congrès international de la Fédération internationale de la Précontrainte, Berlin 1958. — Résumé de communications sur la résistance des éléments en béton précontraint à la compression, à la flexion, au cisaillement, à la torsion et sur les données admises pour le calcul de ces éléments. — E. 55421.
CDU 539.4 : 624.012.46 : 624.04 (061.3) (100).

57-142. Bases d'un règlement international concernant le béton précontraint. PADUART (A.); *Précontrainte*, Belg. (juin 1958), n° 1, p. 3-7. Texte d'un rapport présenté au Troisième Congrès international de la Fédération inter-

nationale de la Précontrainte, Berlin 1958. — Données pour l'établissement d'un projet de règlement. — Prescriptions relatives à la qualité des matériaux et aux contraintes admissibles. — Coefficients de sécurité; pertes de précontrainte; flambement, ancrage des câbles et protection des fils. — E. 55421.
CDU 624.012.46 : 35 (100) (061.3).

58-142. Évolution des procédés de préfabrication en usine des éléments en béton précontraint. Progrès dans l'emploi de ces éléments et dans leur assemblage sur le chantier (Progress in the manufacture of factory-made precast prestressed concrete units and in their use and assembly on the site). NEW (D.H.); *Précontrainte*, Belg. (juin 1958), n° 1, p. 8-13. — Texte d'un rapport présenté au Troisième Congrès international de la Fédération internationale de la Précontrainte, Berlin 1958. — E. 55421.
CDU 624.012.3/46 : 69.002.2 (061.3) (100).

59-142. Progrès dans la technique de mise en œuvre sur les chantiers (Progress in the technique in the obra). JANSSONIUS (G.F.); *Précontrainte*, Belg. (juin 1958), n° 1, p. 22-28. — Texte d'un rapport présenté au Troisième Congrès international de la Fédération internationale de la Précontrainte, Berlin 1958. — Procédés d'injection de mortier; frottement des armatures; ancrages; aciers, possibilités d'emploi de la fibre de verre comme armature de précontrainte. — E. 55421. CDU 693.56 (061.3) (100).

Cof m Annuaires. Dictionnaires. Catalogues. Bibliographie.

60-142. Lexique des termes employés dans la technique du contacteur. Français, anglais, allemand, italien, espagnol. — *Télé mécanique électr.*, Fr. (s.d.), 1 vol., 204 p. Voir analyse détaillée B. 2682 au chapitre III « Bibliographie ». — 0.113-59.
CDU 03 : 621.3.

61-142. Nomenclature des barrages réalisés, en cours de construction ou en projet aux États-Unis (Register of dams in the United States, completed, under construction and proposed). MERREL (T.W.); Édit. : McGraw-Hill Book Co., Inc. U.S.A. (1958), 1 vol., xiii + 429 p., nombr. fig. — Voir analyse détaillée B. 2685, au chapitre III « Bibliographie ». — 0.101/59.
CDU 627.8 (73) (025.4).

62-142. Bibliographie relative à l'influence des caractéristiques des sols sur les dommages causés par les séismes (Bibliography of effects of soil conditions on earthquake damage). DUKE (C.M.); *Earthquake Engng Res. Inst.*, 465 California Street, San Francisco 4, Calif., U.S.A. (sep. 1958), 1 broch., iii + 47 p., — Bibliographie annotée de plus de 275 études. La première partie indique des études générales et des bibliographies; la seconde concerne divers tremblements de terre importants survenus depuis 1906; la troisième groupe les références relatives aux mouvements du sous-sol; la quatrième concerne l'étude des caractéristiques du sol. — E. 57540.
CDU 01 : 699.841 : 624.13 : 550.3.

Dab MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

Dablam Asphaltes et bitumes.

63-142. Caractéristiques rhéologiques et adhérence du bitume (Rheological and adhesion

characteristics of asphalt). *Nation Acad. sci.-Nation Res. Council* (publ. n° 618), U.S.A. (1958), *Highw. Res. Board Bull.* n° 192, 74 p., nombr. fig., 80 réf. bibl. — Texte de cinq communications : Emploi des caractéristiques rhéologiques et d'autres propriétés physiques et mécaniques des bitumes dans les problèmes

d'emploi de ces liants. — La rhéologie des bitumes et sa relation avec le comportement des mélanges pour revêtements routiers. — Progrès réalisés dans le domaine des produits d'addition destinés à améliorer l'adhérence des bitumes. — Composition et propriétés du bitume. — Énergie de surface et propriétés

D. — LES ARTS DE LA CONSTRUCTION

d'adhérence des mélanges bitume-agrégats (en anneau, mesure du coefficient de désenrobage. — E. 56391.

CDU 625.8.06/7 : 539.5.

54-142. La structure des bitumes, sa signification rhéologique et son influence sur la valeur des méthodes d'essai habituelles (Die Strukturmechanik der Bitumen, ihre Bedeutung im geologischen Sinne und vom Gesichtspunkt inventioneller Prüfmethoden). HEMPEL (F.); *Monat. Teere Asph. Peche Verw. Stoffe*, All. (n. 1959), n° 1, p. 12-21, 16 fig., 2 réf. bibl. — E. 56617. CDU 691.16 : 539.2 : 620.1.

ab le Liants. Chaux.
Plâtre. Ciments.

65-142. Recherches sur la chaux d'hydrolyse des pâtes de ciment (Ricerche sulla calce idrolizzata nelle paste di cemento). FRATINI (N.); *Annali chim.*, Ital. (1950), vol. 40, 4 fig., 1 réf. bibl. — Recherches sur le contrôle et la préparation des ciments pouzzolaniques (Ricerche sul controllo e la preparazione dei cementi pozzolanici). FRATINI (N.), RIO (A.); *Annali chim.*, Ital. (1951), vol. 41, 8 fig., 8 réf. bibl. — Résistance chimique des ciments pouzzolaniques (Resistenza chimica dei cementi pozzolanici). TURRIZIANI (R.), RIO (A.); *Industria del Cemento*, Ital. (juin 1957), 4 fig., 13 réf. bibl. — Trois études distinctes sur des méthodes d'essai expérimentale de préparation et d'essai des ciments. — E. 57589. — Trad. I.T. n° 514, 3 p.

CDU 666.94 : 691.54 : 620.1.

ab lem r Briques. Tuiles. Poteries.

66-142. La brique creuse, élément porteur dans la construction. Formats, conditions d'emploi, qualités fonctionnelles. — LAMER (P.); *Terre cuite*, Fr. (jan.-fév.-mars 1959), n° 48. Journées nationales d'Informat., Toulouse 8-19 fév. 1959. Texte des Confé. (II), p. 3-6, 36 fig. — Résistance, isolation, étanchéité. — E. 57915. CDU 691.421.

ab m Bois et matériaux à base de bois.

67-142. Les caractéristiques des panneaux de fibres de bois et leurs domaines d'emploi dans le bâtiment (On the properties of fibre boards and on their use for building purposes). RAHTU (H.), HOLM (C.), AALTO (H.); *Valt. tek. Tutkimuslaitos*, Finl. (1958), Tiedotus Sarja 3, Rakennus 21, 36 p., 28 fig. — Classification; caractéristiques de résistance; hygroscopie; conductibilité thermique; collage des panneaux de fibres sur subjectiles en béton; collage des panneaux de fibres entre eux; emploi des panneaux durs comme bardages. — E. 56190. CDU 691.147.

ab mo Matières plastiques.

68-142. Les matières plastiques dans l'industrie et le transport des fluides. GÉRARD (P.L.); *SOURCEOIS (P.)*; *Rev. Soc. roy. belge Ings Industr.*, Belg. (jan. 1959), n° 1, p. 30-47, 5 fig. — E. 56802. CDU 621.643.2 : 691.175.

ab n Matériaux à caractéristiques particulières. Isolants. Réfractaires.

69-142. Emploi de coulis d'argile dans les travaux de génie civil (Tonschlamm als Bauhilfsmittel). JESSBERGER (H.L.); *Bautechnik*, All. (fév. 1959), n° 2, p. 52-55, 7 fig., 14 réf. bibl. — Étude de l'emploi d'applications de boue argileuse comme lubrifiant dans les travaux de

fouage de puits ou de creusement de galeries. — E. 56798.

CDU 624.19 : 628.11 : 621.8 : 691.4.

Daf SÉCURITÉ
DES CONSTRUCTIONS

Daf j Essais et mesures.

70-142. Essai sous pression élevée pour déterminer la teneur en air du béton durci (High-pressure test for determining air content of hardened concrete). U.S. Army Engr Waterw. Exper. Stat., Corps Engrs, Vick., Miss., U.S.A. (oct. 1958), Miscellaneous pap. n° 6-286, vii + 29 p., 7 fig., 1 fig. h.-t., 1 pl. h.-t., 7 réf. bibl. — Un spécimen est plongé dans l'eau dans un récipient hermétiquement clos, et soumis à une pression hydraulique de 280 kg/cm². — Le changement de volume apparent qui s'ensuit est utilisé pour déterminer la quantité d'air présent dans le spécimen. — E. 56515. CDU 620.11/16 : 666.972.666.973.6.

Daf l Corrosion.

71-142. L'efficacité du capricorne destructeur des maisons, et la lutte contre cet insecte (The significance of the house longhorn beetle as a destroyer of buildings and its control). HOLM (C.), EKBOM (P.); *Valt. tek. Tutkimuslaitos*, Finl. (1958), Tiedotus Sarja 3, Rakennus 22, 44 p., 24 fig. — Description de l'insecte. Ses zones d'action et ses conditions d'existence en Finlande. — Les recherches sur le capricorne des maisons de bois en Finlande. Méthodes de lutte contre l'insecte. Mesures immédiates à prendre dans la zone contaminée. — E. 56191. CDU 699.87 : 728.3 : 694.1 (471.1).

Deb INFRASTRUCTURE
ET MAÇONNERIE. BÉTONS

Deb ja Consolidation du sol.
Assèchement. Drainage.
Travaux hydrologiques.

72-142. Emploi de la chaux pour la stabilisation des sols (Die Bodenstabilisierung mit Kalk). BRAND (W.); *Straße-Autobahn*, All. (nov. 1958), n° 11, p. 426-432, 19 fig., 11 réf. bibl. — Commentaires sur les « Directives provisoires concernant l'emploi de la chaux pour la stabilisation des sols » de l'Association pour les recherches routières de Cologne (Allemagne). — E. 55616. CDU 624.138 : 666.92 (35) (43).

73-142. Emploi de chaux et de mélanges de chaux et de cendres volantes pour la stabilisation des sols routiers (Lime and lime-flyash soil stabilization). *Nation. Acad. sci. — Nation-Res. Council*. (publ. 619), U.S.A. (1958), *Highway Res. Board Bull.* n° 193, 47 p., nombr. fig., 23 réf. bibl. — Texte de cinq communications : Durabilité de mélanges sol-chaux-cendres volantes, compactés de façon à obtenir une densité supérieure à la densité Proctor réglementaire. — Caractéristiques de résistance des mélanges chaux-cendres volantes-agrégats. — Réactivité de quatre types de cendres volantes avec la chaux. Route expérimentale stabilisée à la chaux dans le comté de Perry, Missouri. — Stabilisation d'argile expansée avec de la chaux hydratée et avec du ciment Portland. — E. 56392. CDU 624.138 : 691.51 : 691.322 : 625.7.

74-142. Contribution à l'étude du rabattement de la nappe aquifère (Beitrag zur Theorie der Grundwasserabsenkungen). SZECHY (K.); *Bautechnik*, All. (fév. 1959), n° 2, p. 48-52, 7 fig. — Exposé de deux méthodes approchées basées l'une sur le débit du puits filtrant imparfait, l'autre sur le débit du puits sous vide. — Compa-

raison économique entre les deux méthodes de rabattement de la nappe. — E. 56798.

CDU 532 : 628.11 : 624.131.6.

75-142. Méthode expérimentale de détermination de l'abaissement de la nappe phréatique (Experimentálne riesenie zníženia hladiny spodnej vody). TAVODA (O.); *Inr. Stavby*. Tchecosl. (1959), vol. 7, n° 2, p. 41-46, 8 fig., 6 réf. bibl. (résumés russe, allemand, anglais). — Exposé de la méthode E.G.D.A. et des procédés correspondants de mise en œuvre des puits. — Exemples. — E. 56951. CDU 624.157 : 624.138 : 624.131.6.

Deb je Terrassements.
Percements de galeries.

76-142. Aspects pratiques des méthodes de percement rapide de galeries dans les roches dures. I. à IV. (fin). — (Practical aspects of high-speed hard rock tunnelling methods). RANKIN (W.W.); *Civ. Engrg publ. Works Rev.*, G.-B. (oct. 1958), vol. 53, n° 628, p. 1143-1145, 5 fig., 7 réf. bibl. (nov. 1958), n° 629, p. 1293, 1295, 1297, 7 fig., 1 réf. bibl. (déc. 1958), n° 630, p. 1408-1410, 5 fig., 1 réf. bibl. (jan. 1959), vol. 54, n° 631, p. 94-95, 97, 99, 11 fig. — E. 55145, 55513, 56017, 56407. CDU 624.19 : 691.2.

Deb ji Fondations.

77-142. Détermination par le calcul des tassements dans le cas d'un pont sur fondation élastique (Rechnerische Erfassung der Setzungen am Balken auf elastischer Bettung). JENNE (G.); *Bautechnik*, All. (jan. 1959), n° 1, p. 15-18, 10 fig., 9 réf. bibl. — Historique des méthodes employées jusqu'à présent, et proposition d'une nouvelle méthode de calcul. — E. 56447. CDU 624.131.542 : 624.153 : 539.3.

78-142. Fondations de l'hôtel du Rhône, à Genève. Tassements calculés et tassements mesurés. OTT (J.C.); *Bull. tech. Suisse romande*, Suisse (3 jan. 1959), n° 1, p. 1-5, 10 fig. — Caractéristiques du sol (glaise post-glaciaire avec inclusions sableuses); description des fondations sur semelles adoptées malgré la qualité médiocre du sol de fondation; répartition des contraintes; calcul des tassements et résultats de mesure des tassements. — E. 56164. CDU 624.131.542 : 624.15.

Deb li Bétons.

79-142. Indications sur une composition adéquate du béton. (Aufschlüsse über « Ziel-sichere Betonbildung »). SÖLVÉ-STERN (O.R.); *Allg. Bau-Ztg.*, Autr. (18 fév. 1959), n° 593, p. 1-10, 3 fig. — Exposé de recherches effectuées en Autriche, portant principalement sur la granulométrie, le module de finesse du ciment, la relation entre ce module de finesse et la teneur en eau à adopter pour le béton frais. — E. 56850. CDU 693.542 : 620.1.

80-142. Influence de l'emploi de gros agrégats sur la résistance du béton (Wplyw kruszyny grubego na wytrzymałość betonu). KUCZYŃSKI (W.); *Archiw. Inr. Ładowe*, Pol. (1958), t. 4, n° 2, p. 181-209, 17 fig., 13 réf. bibl. (résumés russe, français). — Exposé des résultats de recherches expérimentales effectuées pour déterminer l'influence des propriétés morphologiques (forme et propriétés de surface) des agrégats sur la résistance de bétons, avec différents dosages E/C. — E. 54420. CDU 539.4 : 666.972 : 691.322.

81-142. L'alcali-réaction des agrégats dans le béton (The alkali-aggregate reaction in concrete). *Nation. Acad. Sci., Nation. Res. Council*. (publ. n° 616), U.S.A. (1958), *Highway Res. Board, Res. Rep.* n° 18-C, 51 p., 12 fig., 82 réf. bibl. — Exposé des constatations faites

sur des chantiers routiers dans diverses régions des U.S.A. Description d'essais de laboratoire; interprétation des résultats. Considérations théoriques sur les recherches relatives à l'alcali-réaction des agrégats. — E. 56149.
CDU 666.972 : 691.322 : 54.

82-142. Influence des caractéristiques de déformation du béton sur le développement des contraintes dans le béton (Der Einfluss der Deformationseigenschaften des Betons auf den Spannungsverlauf). RÜSCH (H.); Schweiz. Bauztg, Suisse (26 fév. 1959), n° 9, p. 119-126, 19 fig. — Exposé général des connaissances actuelles sur les relations entre la déformation et la résistance du béton : nature des déformations; module d'élasticité; déformations élastiques retardées; écoulement plastique; fluage; contraction transversale; influence des déformations plastiques sur la répartition des contraintes; causes de la diminution de résistance sous charge statique permanente; résistance au flambement. — Recherches à poursuivre. — E. 56925.
CDU 666.972.015.46 : 624.043/44.

83-142. Le fluage dans les poutres en béton armé (Hajlított vasbetontartok lassu alakváltozása). HALASZ (I.), OROSZ (A.); *Építőipari Közlekedési Műszaki Egyetem Tudományos Közleményei*, Hongr. (1958), t. 4, n° 1, p. 51-82, 20 fig., 7 réf. bibl. (résumés allemand, français, anglais, espagnol). — Étude du fluage et du retrait pour des poutres en béton armé soumises à des charges de longue durée. Comparaison des phénomènes de fluage constatés pour ces poutres et pour des éprouvettes prismatiques de béton. Présentation d'une méthode de détermination approchée du fluage pour des poutres en béton armé supposées exemptes de fissures. — E. 57594.
CDU 539.5 : 624.072.2 : 624.012.45.

84-142. Effet et contrôle des produits de cur pour revêtements routiers en béton (Ueber die Wirkung und Prüfung von Nachbehandlungsfilmen für Betonfahrbahnen). ALBRECHT (W.). SCHÄFFLER (H.); *Strasse-Autobahn*, All. (fév. 1959), n° 2, p. 59-64, 8 fig., 2 réf. bibl. — Résultats de recherches effectuées en Allemagne de l'Ouest. — Caractéristiques des produits de cure; exécution des essais; influence de la cure sur les caractéristiques du béton. — E. 56895.
CDU 693.548 : 625.84.

Deb m Maçonnerie.

85-142. Choix et assemblage des éléments de maçonnerie en vue de leur résistance aux intempéries. — RITCHIE (T.), PLEWES (W. G.); *Conseil nation. Rec. Canada (Div. Rec. Constr.)*, Canada (juil. 1958), NRC 3754 F, 9 p., 2 fig., 19 réf. bibl. — (Traduction de l'article publié dans : *J. Inst. R. Archit. Canada*, sep. 1955, vol. 32, et tiré de : *Architecture-Bâtim.-Constr.*, juin 1958, vol. 13, n° 146, p. 68-75). — Résistance des briques aux alternances de gel et de dégel; pénétration de la pluie dans la maçonnerie; propriétés des mortiers; adhérence, remplissage des joints; épaisseur des murs; enduits, murs creux. — E. 55512.
CDU 693.2 : 699.8.

Deb ne Béton armé.

86-142. Armatures assurant l'adhérence, ou armatures de cisaillement? (Bewehrung zur Sicherung des Verbundes oder Schubbewehrung?). GESSNER (M.); *Betonst. Ztg.*, All. (jan. 1959), vol. 1, p. 11-19, 7 fig. (résumés anglais, français). — Présentation de conceptions nouvelles sur la résolution du problème du cisaillement dans les poutres en béton armé, basées sur la comparaison des déformations d'une poutre reposant librement sur appuis,

qui se produisent, d'une part sous l'effet d'efforts de cisaillement, et d'autre part sous l'effet d'efforts axiaux. — Proposition d'utilisation d'étriers verticaux ou obliques fixés aux armatures de traction, ayant pour rôle d'accroître l'adhérence de l'acier au béton. — E. 56398.
CDU 624.043 : 624.072.2 : 624.012.45 : 693.554.

87-142. L'acier Tor. SORETZ (St.); *Béton armé*, Fr. (jan. 1959), n° 1, p. 23-33, 25 fig. — Influence de la torsion sur les propriétés de l'acier; résistance à l'incendie des armatures en acier Tor; problème de l'adhérence; compte rendu d'essais comparatifs avec des aciers ronds. — E. 56723.
CDU 624.012.454 : 691.714.

Deb ni Béton précontraint.

88-142. Cours de béton précontraint. — ROBINSON (J. R.); Édit. : *Dunod*, Fr. (1959), 2^e édit., 1 vol., xiv + 145 p., 75 fig. — Voir analyse détaillée B. 2678 au chapitre III « Bibliographie ». — 0.88/59. CDU 624.012.46 (03).

89-142. Au sujet de la mise en précontrainte de voiles minces cylindriques circulaires (réservoirs) au moyen de cerces indépendantes (Zur Vorspannung von Kreiszyllinderschalen mit Einzelspanngliedern). BARTHELMES (W.); *Beton-Stahlbetonbau*, All. (jan. 1959), n° 1, p. 14-19, 11 fig., 1 réf. bibl. — Détermination de la répartition des contraintes dans la paroi du cylindre. — E. 56379.
CDU 624.043 : 624.074.4/7 : 693.564.4.

90-142. L'influence de l'adhérence sur la résistance à la flexion des poutres en béton précontraint. I. II. III. (fin). (The influence of bond on the flexural strength of prestressed concrete beams). BENNETT (E. W.), O'KEEFE (J. D.); *Civ. Engng publ. Works Rev.*, G.-B. (déc. 1958), vol. 53, n° 630, p. 1391-1393, 6 fig., 9 réf. bibl.; (jan. 1959), vol. 54, n° 631, p. 88-90, 6 fig., 4 réf. bibl.; (fév. 1959), n° 632, p. 209-212, 6 fig., 12 réf. bibl. — Compte rendu de quarante essais ayant porté sur divers types de poutres précontraintes par pré-tension ou par post-tension des armatures. — E. 56017, 56407, 56776.
CDU 539.4 : 624.072.2 : 693.564 : 69.001.5.

91-142. La perte de précontrainte dans les portiques. TICHY (M.); *Tech. Trav.*, Fr. (jan.-fév. 1959), n° 1-2, p. 59-64, 13 fig. — (Texte original paru dans *Zpravy* de 1958, n° 10, analysé dans notre DT. 131 de nov. 1958, sous le n° 105). — Présentation d'une méthode permettant d'évaluer la perte de précontrainte pour un système hyperstatique type (système de portiques à étages), la solution obtenue devant suffire pour l'estimation approximative de la perte de précontrainte dans tous les autres types de systèmes. — E. 56916.
CDU 624.043 : 624.072.33 : 693.56.

Dec CHARPENTE. MENUISERIE. SERRURERIE. TYPES DE STRUCTURES

Dec I Travail des métaux. Charpente. Soudure. Menuiserie. Construction mixte acier-béton.

92-142. Réalisation d'assemblages métalliques collés avec emploi de colle à base de résines artificielles (Kleben von Stahl mit Kunstharzklebern). MÖHLER (K.); *V.D.I.*, All. (1^{er} jan. 1959), vol. 101, n° 1, p. 1-8, 29 fig., 9 réf. bibl. — Constatations faites sur le comportement et la résistance des assemblages collés, lors de la construction d'une passerelle à poutres en treillis métalliques de 55,8 m de portée. — E. 56222.
CDU 624.078 : 691.185/175 : 624.014.2.

Dec p Construction mixte en général.

93-142. Éléments de construction de type sandwich constitués de panneaux maintenus par des armatures (Sandwichblelemente aus samverkande skivor). HOLMBERG (A.); *Nord. Betong*, Suède (1958), n° 4, p. 377-388, 6 fig. — Étude d'éléments de construction constitués de deux panneaux en béton. — L'espace entre ces panneaux est rempli de laine minérale. — Domaine d'emploi de ces éléments dans la construction de logements. — Caractéristiques des armatures utilisées pour maintenir les panneaux à l'écartement voulu, et leur donner la résistance nécessaire. — E. 55836.
CDU 69.022.32 : 624.012.3 : 624.016.

Ded TRAVAUX D'ACHÈVEMENT

Ded j Couverture. Étanchéité.

94-142. Mémento du couvreur-zingueur. + *Chambre syndicale du Zinc et du Cadmium*, 39, rue Saint-Dominique, Paris, Fr. (1959), 2^e édit., 1 vol. (13 × 21 cm), 64 p., nombr. fig. — Rappel des conditions rationnelles d'exécution des couvertures en zinc : pentes minimales; maintenance des feuilles de zinc; traçage et façonnage; dilatation et retrait; contacts à éviter; soudure. — Couvertures à tasseaux et agrafures ordinaires; couvertures à tasseaux et agrafures de 5 cm; couverture à l'impériale; couverture à double agrafure ou à recouvrement; couverture à ressauts. Tracés divers. Bandes diverses utilisées en couverture. Gouttières, chéneaux et descentes. — E. 57705.
CDU 69.024.156 : 691.75.

Def PRÉFABRICATION

95-142. La construction préfabriquée en Europe. Sélection de procédés et de réalisations. — O.E.C.E., Fr. (déc. 1958), *Projet* n° 226, 1 vol., 123 p., nombr. fig. — Voir analyse détaillée B. 2681 au chapitre III « Bibliographie ». — 0.89/59. CDU 69.002.2 : 721 (4) (03).

Dib PLOMBERIE SANITAIRE

96-142. Les installations sanitaires et les services de distribution d'eau du bâtiment de grande hauteur de la Badische Anilin- und Sodafabrik à Ludwigshafen (Sanitäre Installation und Wasserversorgung im Hochhaus der Badischen Anilin- und Sodafabrik AG Ludwigshafen/Rh.). UNTERSTENHÖFER (L.); *Sanit. Tech.*, All. (jan. 1959), n° 1, p. 2-7, 11 fig., 1 réf. bibl. — E. 56289.
CDU 696 : 721.011.27.

97-142. La distribution d'eau froide et d'eau chaude dans les immeubles élevés. I. à VII. (fin). — *Tech. Inform. Chauff. Plomb.*, Fr. (nov. 1957), n° 62, p. 49-55, 14 fig.; (déc. 1957), n° 63, p. 23, 25, 2 fig.; (jan. 1958), n° 64, p. 48-49, 2 fig.; (fév. 1958), n° 65, p. 37-39, 41, 5 fig.; (mars 1958), n° 66, p. 49, 51, 53, 3 fig.; (avr. 1958), n° 67, p. 49, 51, 3 fig.; (mai 1958), n° 68, p. 43, 45, 47, 3 fig. — 51017, 51307; 51730, 52290, 52710, 53234, 53479.
CDU 621.643.2 : 696.1/4 : 724.011.27.

Dic CLIMATISATION. PHÉNOMÈNES ET PARAMÈTRES

98-142. Vues sur la thermique des centrales nucléaires à gaz. II. — *Bull. tech. Soc. fr. Constr. Babcock-Wilcox*, Fr. (déc. 1958), n° 30, 106 p., nombr. fig. — III — Contribution à l'étude thermique des échangeurs de chaleur : A) Recherche de l'optimum économique (2^{ème} partie), par R. DUPUY; B) Recherche des coef-

ments de transmission calorifique et de perte d'pression, par J. TILLEQUIN. — IV — Contribution à l'étude thermodynamique des cycles de vapeur adaptés aux centrales nucléaires : A) Conception et réalisation des cycles de vapeur ; B) Centrales nucléaires à cycles améliorés, par J. TILLEQUIN. — E. 58038.
CDU 621.311.2 : 539.1 : 536.

99-142. Recherches sur le confort donné à l'homme par le chauffage et la ventilation (Research on heating and ventilation in relation human comfort). BEDFORD (Th.); *Heat. Pip. condition.*, U.S.A. (déc. 1958), vol. 30, n° 12, 127-134, 6 fig., 36 réf. bibl. — Détermination des paramètres de la climatisation. Définition des zones de confort; la température de l'air et la sensation de confort; étude de différents facteurs influant sur cette sensation : température et mouvements de l'air; humidité; murs chauds. — Le chauffage par le plafond; le chauffage par le plancher. — E. 56073.
CDU 628.8 : 697.1/9.

100-142. L'émission de chaleur par les planchers chauffants à tubes enrobés. (Die Wärmeabgabe der Rohrdeckenheizung). KOLLMAR (A.); *Gesundheitsingenieur*, All. (10 jan. 1959), n° 1, p. 1-11, 15 fig., 21 réf. bibl. — Exposé théorique; comparaison des données de la théorie aux valeurs mesurées; bases de calcul utilisées dans la pratique; inertie thermique. — E. 56422.
CDU 536.2/3 : 697.353 : 69.025.22.

101-142. Influence du débit d'air sur le chauffage intermittent avec foyer ouvert (Influence of air flow on intermittent heating with the open fire). FOX (L. L.), WHITTAKER (J.); *J. Instn Heat. Ventil. Engrs*, G.-B. (nov. 1958), vol. 26, p. 221-232, 10 fig., 16 réf. bibl. — Compte rendu de recherches expérimentales effectuées dans le cadre du programme du Fuel Research Board de Grande-Bretagne. — Étude de l'influence sur le rendement d'un foyer ouvert de l'écoulement de l'air dans le conduit de fumée et de l'accumulation de chaleur dans la masse de la cheminée d'appareil en briques. — E. 55477.
CDU 697.243 : 697.95 : 536.6.

Chauffage.

102-142. Bases économiques de l'installation de chauffage urbain de Berlin (Die wirtschaftliche Grundlagen der Berliner Stadtheizung). STREMPER (E.); *Gesundheitsingenieur*, All. (10 fév. 1959), n° 2, p. 33-41, 13 fig. — E. 56767.
CDU 697.34 : 711.432 : 69.003.

103-142. Les échangeurs de chaleur à contre-courant. TOURTEAU (J. M.); *Chauff. Ventil. Condition.*, Fr. (jan. 1959), n° 1, p. 11-20, 24 fig. — Étude détaillée des échangeurs à contre-courant comportant des faisceaux tubulaires susceptibles de résister à des pressions appréciables (appareillages thermiques industriels). — E. 56521.
CDU 697.33 : 697.133 : 725.4.

104-142. Stages de perfectionnement des cadres : SP 1. — Initiation au chauffage par rayonnement. — S. 2. — Perfectionnement sur l'équipement électrique des installations thermiques. — *Industr. therm.*, Fr. (juil. 1958), n° 7, p. 299-355, 58 fig.; (déc. 1958), n° 12, p. 525-590, 56 fig. — Texte des conférences de stage : installations électriques et panneaux chauffants; corrosion des panneaux à tubes enrobés; détection des fuites; traversée des joints de dilatation; introduction à la physique du rayonnement; la température résultante; mesure d'émission des panneaux à tubes enrobés par analogie électrique; mesure d'émission des panneaux industriels; documentation sur le chauffage par rayonnement. Documentation complémentaire : un appareil simple et universel pour l'analyse rhéoelectrique; calcul expérimental par analogie rhéoelectrique des

distributions de température dans les panneaux rayonnants; résultats des études analogiques sur panneaux à tubes enrobés; résultats des études sur panneaux industriels. — E. 55020, 56103.
CDU 697.353 : 697.1.

105-142. Sur quelques problèmes du chauffage par panneaux posés sur les murs extérieurs (Über einige Fragen der in der Aussenwand untergebrachten Panelheizung). MACSKASY (A.); Tiré à part de : *Periodica Polytech.*, Hongr. (1957), vol. 1, n° 1, p. 63-86, 11 fig., 6 réf. bibl. — Exposé théorique et détaillé constituant une étude comparative de ce système et des systèmes de chauffage par radiateurs installés sous les fenêtres : poids de métal réduit, facilité de montage, possibilité d'emploi de l'installation pour le refroidissement en été, mais besoins calorifiques plus élevés. Perfectionnements à envisager. — E. 55957.
CDU 697.353/2 : 69.022.1 : 697.1.

106-142. Un projet de chauffage urbain à Bruxelles. MALDEREZ (M.), DE SMAELE (A.); *Rev. Soc. r. belge Ingrs Industr.*, Belg. (déc. 1958), n° 12, p. 534-545, 14 fig. — Aspects sociaux et administratifs. Aspects techniques et économiques. Distribution de chaleur. Les points de vue du consommateur et de l'économie nationale. — E. 56355.
CDU 697.34 : 697.1 : 711.432 (493).

Réfrigération.

107-142. Emploi de refroidisseurs d'air par surface de contact à sec ou par voie humide dans les installations de climatisation (Flächen- oder Nassluftkühler bei Klimaanlage?). MACSKASY (A.), HALASZ (L.); Tiré à part de : *Periodica Polytech.*, Hongr. (1958), vol. 2, n° 3, p. 145-206, 67 fig., 6 réf. bibl. — Étude comparative de l'emploi d'échangeurs fonctionnant par voie sèche ou par voie humide, portant sur les points suivants : particularités du climat hongrois; détermination des échanges de chaleur; réalisation des échangeurs : dimensionnement, investissements, besoins d'énergie électrique et calorifique; température optimale de la surface de refroidissement; problèmes de régulation. Conclusions. — E. 55958.
CDU 697.97/4 : 697.1 : 536.2.

108-142. Conditionnement de l'air des maisons d'habitation et des locaux commerciaux. (Dimensionnement, montage et entretien des installations) (Residential and commercial air conditioning. — Sizing, installation, servicing). BURKHARDT (Ch. H.); Édit. : *McGraw-Hill Publ. Cy Ltd.*, G.-B. (1959), 1 vol., x + 324 p., nombr. fig. — Voir analyse détaillée B. 2686 au chapitre III « Bibliographie ». — 0.91/59.
CDU 697.97 : 728.2 : 725.23 (03).

Ventilation. Conditionnement. Traitement de la matière.

109-142. Détermination des conditions de ventilation des ouvrages souterrains non climatisés (Die Bestimmung der Lüftungsbedingungen bei nicht klimatisierten Untertagebauten). KÜNZLER (H.); *Schweiz. Bauztg.*, Suisse (22 jan. 1959), n° 4, p. 43-46, 12 fig. — E. 56433.
CDU 697.95 : 624.193.

ÉCLAIRAGE

110-142. Éclairage naturel et artificiel des ateliers recouverts de sheds en voile mince système Zeiss-Dywidag (Natürliche und künstliche Beleuchtung der Schalenschedhallen systeme Zeiss-Dywidag). THON (R.); *Beton-Stahlbetonbau*, All. (jan. 1959), n° 1, p. 1-7, 22 fig. — Description de bâtiments industriels réalisés en Allemagne avec couverture en

voiles minces système Zeiss-Dywidag. — Mesures de l'éclairement. — E. 56379.

CDU 628.9 : 725.4 : 69.024.25.

PROTECTION CONTRE LES DÉSORDRES ET ACCIDENTS

Acoustique. Vibrations. Protection contre les bruits et les vibrations.

111-142. Traitement acoustique des salles de classe (Lydregulering i klasserum). *Undervisningsminist. Byggeforskningsudvalg og Stat. Byggeforskningsinst.*, Damn. (1958), *Nyt Skolebyggeri* n° 3, 32 p., nombr. fig. (résumé anglais). — Problèmes posés lors de la construction de bâtiments scolaires par les exigences de la lutte contre le bruit et des conditions acoustiques à réaliser. — Dimensions et forme de la salle de classe; matériaux de construction utilisés; influence du nombre d'élèves. — E. 54806.
CDU 534.84 : 699.844 : 727.1.

112-142. Vibrations anormales dans les installations de chauffage domestique au mazout et au gaz. PUTNAM (A. A.), DENNIS (W. R.); *Chauff. Mazout*, Fr. (déc. 1958), n° 10, p. 36-45, 14 fig. — Compte rendu de recherches effectuées par les laboratoires du Battelle Memorial Institute (U.S.A.). — Résonances acoustiques des appareils de chauffage domestique en fonction de leur environnement. SPEICH (C. F.), DENNIS (W. R.), PUTNAM (A. A.); n° 11, p. 28-36, 14 fig. — Étude des conditions dans lesquelles le local contenant le générateur (fonctionnant au gaz, au mazout, ou à d'autres combustibles) peut jouer un rôle pour fixer le niveau sonore ayant pour cause le processus de combustion dans le générateur. — E. 56139, 57279.
CDU 534 : 697.3/244/245 : 699.842.

113-142. Étude du bruit dans trois catégories d'immeubles d'habitation, avec différents types d'isolation du plancher (Noise in three groups of flats with different floor insulations). GRAY (P. G.), CARTWRIGHT (A.), PARKIN (P. H.); *Nation Build. Stud.*, B.R.S., G.-B. (1958), Res. Pap. n° 27, iv + 61 p., 41 fig. — Exposé des résultats d'une enquête effectuée en Grande-Bretagne, avec commentaires sur les réponses faites à un questionnaire sur le bruit dans les immeubles. — Description détaillée des caractéristiques de construction des divers types d'immeuble; mesure de l'isolation acoustique. — E. 56851.
CDU 699.844 (061.24).

Protection contre l'incendie.

114-142. La protection contre l'incendie dans la construction métallique, notamment en ce qui concerne les poteaux (Der Feuerschutz im Stahlhochbau insbesondere von Stahlstützen). BOUÉ (P.); Édit. : *Stahlbau-Verlags All.* (1959), *Berichte des Deutschen Ausschusses f. Stahlbau*, n° 21, 180 p., 206 fig., 60 réf. bibl. — Voir analyse détaillée B. 2688 au chapitre III « Bibliographie ». — E. 57689.
CDU 699.81 : 624.014.2 : 624.072.3 : 620.1.

STOCKAGE ET CIRCULATION DES FLUIDES

CANALISATIONS

115-142. La construction des conduites pour le transport à grande distance des gaz et des pétroles (Bau von Fernrohrleitungen für Gas und Öl). GEILENKEUSER (H.); *Gas-Wasserfach (GWF)*, All. (2 jan. 1959), n° 1, p. 1-7, 12 fig., 2 réf. bibl. — Bases des études et solutions

proposées aux divers problèmes pratiques, notamment en ce qui concerne les joints, l'épaisseur des tuyaux, le tracé des conduites dans les régions sujettes aux affaissements miniers. Comparaison des méthodes de pose allemandes et américaines. — E. 56275.

CDU 621.643.2 : 662.75/6.

Do ENTREPRISES.
ORGANISATION.
INDUSTRIALISATION. ÉTUDES.

DOCUMENTATION.

MAIN-D'ŒUVRE

116-142. Guide théorique et pratique de la recherche expérimentale. — LECLERCQ (R.); Édit. : *Cauthier-Villars*, Fr. (1958), 1 vol., 135 p., nombr. fig., nombr. réf. bibl. — Voir analyse détaillée B. 2680 au chapitre III « Bibliographie ». — O. 41/59.

CDU 061.6 : 69.001.5 (03).

117-142. Construction d'un immeuble de grande hauteur à ossature en béton armé avec emploi d'éléments préfabriqués et d'éléments

coulés sur place (Hochhausbau mit Stahlbeton-skelett aus Fertigteilen und Ortbeton). UTE-S-CHER (G.); *Beton Stahlbetonbau*, All. (fév. 1959), n° 2, p. 31-37, 11 fig., 7 réf. bibl. — Présentation d'une méthode nouvelle de construction caractérisée par une alternance rigoureuse des éléments préfabriqués et des éléments coulés sur place, pour éviter qu'en un point quelconque deux ou plusieurs éléments préfabriqués ne soient assemblés les uns aux autres. — Le procédé est actuellement employé pour la construction d'une clinique pour enfants de dix étages à Heidelberg. — E. 56837.

CDU 693.95 : 721.011.27 : 69.002.2 : 693.546.

F. — LES OUVRAGES

Fab ÉCHAFAUDAGES.
ÉTAIEMENTS. BOISAGES.
CUVELAGES. CINTRES.
REVÊTEMENTS
DE CERTAINS OUVRAGES

118-142. Protection et entretien des ouvrages souterrains. Conditions d'une qualité et d'une durabilité satisfaisantes de ces ouvrages (Ochrana a udrzovani podzemnich staveb. Podminky jakosti a trvanlivosti techto staveb). SED-LACEK (J.); *Zpravy, Tchecosl.* (1958), n° 12, p. 37-73 (résumé russe). — Exposé général. Protection contre les effets des eaux souterraines; exécution des revêtements. Méthodes d'entretien. — Protection des revêtements de tunnels contre l'action des eaux souterraines (Ochrana tunelových obezdivek proti pusobeni podzemnich vod). TISCHER (J.); p. 74-93 (résumés français, russe). — Réalisation de l'étanchéité. — Résultats des premières expériences faites avec l'emploi de feuilles minces de chlorure de polyvinyle plastifié pour l'étanchéité des souterrains (O prvnych zkusebnostech s izolovanim betonovych podzemnich staveb foliemi z mekneho polyvinylchloridu - PVC—). HAPL (L.); p. 94-114 (résumés allemand, russe). — Compte rendu des constatations faites en Tchécoslovaquie lors de la construction d'un tunnel en 1954. On a utilisé une couche de deux feuilles de 0,6 mm d'épaisseur de PVC. La technique est encore au stade de la mise au point. — E. 54543.

CDU 624.193 : 699.82.

Fac ÉLÉMENTS PORTEURS

Fac j Ossatures.
Piliers. Colonnes.

119-142. Bâtiment des services de l'Administration situé Bowen Street, à Wellington (Nouvelle Zélande) : Étude technique de l'ouvrage. Installations et services (Departmental building, Bowen Street, Wellington : Structural aspects of departmental building. Building services of departmental building). FALCONER (B. H.), KERR (R. N.); *Engineering*, N. Zél. (15 nov. 1958), vol. 13, n° 11, p. 390-408, 15 fig. — Caractéristiques de construction de cet immeuble de douze étages à ossature en béton armé, conçu pour résister aux séismes. Il comporte notamment des murs de cisaillement groupés dans les deux noyaux centraux en forme de tours. Le bâtiment repose sur une dalle de fondation en béton armé de 1,2 m d'épaisseur. Description des installations de chauffage et de ventilation; chambre froide; ascenseurs; installation électrique. — E. 56143.

CDU 725.1 : 693.95 : 699.841 : 696/7.

Fac l Poutres. Dalles.
Planchers. Auvents.
Portiques. Cadres.

120-142. Planchers sur terre-plein (Gulve direkte pa jord). BECHER (P.), PETERSEN (H.); *Stat. Byggeforskningsinst.*, Danm. (1958), Anvisning n° 40, 20 p., 9 fig., 5 réf. bibl. — Examen du sol et principes généraux de construction de ces planchers. Drainage. Réalisation des dalles en béton. Planchers non chauffés. Planchers chauffés par tubes enrobés. Problèmes d'humidité, qu'il y a lieu d'étudier spécialement dans le cas des planchers chauffants. Couches d'étanchéité. Isolation thermique. — E. 53590.

CDU 69.025.1 : 697.353/137.

Fac m Toitures. Voûtes. Dômes.
Coupoles. Arcs. Escaliers. Voiles.

121-142. Couverture en voile mince à double courbure à Belgrade. Conception et construction d'un pavillon d'exposition (A doubly-curved shell roof in Belgrade. Design and construction of exhibition hall). KRSTIC (M.); *Concr. Constr. Engng.*, G.-B. (fév. 1959), vol. 54, n° 2, p. 73-80, 11 fig. — Étude du pavillon des Industries lourdes, couvert par une voile sphérique en béton armé limité par un plan horizontal et deux plans verticaux parallèles, disposés symétriquement par rapport au centre de la sphère d'environ 97 m de diamètre. — Voile de 8,8 cm d'épaisseur avec raidisseurs de bordure. — E. 56735.

CDU 624.074.4/7 : 624.012.45.

Fec BATIMENTS CULTURELS
SPORTS

122-142. Le couronnement du clocher de l'église Saint Willibrord, à Hulst (De bekroning van de Vieringstons van de St. Willibrordskerk te Hulst-Zld.). VAN DER SCHRIER (W.); *Cement-Beton*, Pays-Bas (août 1958), n° 19-20, p. 773-780, 20 fig. (résumés anglais, français, allemand, p. 782). — Construction de cet ouvrage en éléments préfabriqués de béton armé. — Protection extérieure du béton par une peinture à base de silicones. — E. 54756.

CDU 624.97 : 726.5 : 624.012.3/45.

123-142. Nouveau bâtiment pour l'Institut de Recherches N.V. à Arnhem (Pays-Bas) (De nieuwe proeflabriek voor het onderzoekingsinstituut N.V. research te Arnhem). BARENS (F. J. B.); *Cement-Beton*, Pays-Bas (déc. 1958), n° 23-24, p. 959-965, 21 fig. (résumés anglais, français, allemand, p. 997). — Description d'un bâtiment à ossature en béton armé d'une

superficie au sol de 5200 m² comportant un large emploi de poutres préfabriquées précontraintes selon le procédé Freyssinet et montées sur articulations. — Fondation sur pieux. — E. 56042.

CDU 727.5 : 624.012.45/6.

124-142. Intervention du laboratoire mobile n° 2 dans la construction de routes dans le District de Manica e Sofala (Portugal) (Intervencao do laboratorio movel n° 2 na construçao de estradas no distrito de Manica e Sofala). LEMOS E BRITO (J. E. De), ALMEIDA VALENTE (C. A. De); *Tecnica*, Portug. (jan. 1959), n° 288, p. 243-255, 19 fig. — Travaux de laboratoire effectués pour l'exécution de routes à revêtement asphaltique sur fondations en sol-ciment. — E. 56901.

CDU 69.001.5 : 624.85 : 624.138 : 725.7.

Fed TRAVAUX MILITAIRES.
TRAVAUX D'UTILITÉ PUBLIQUE.
ALIMENTATION EN EAU.
HYGIÈNE PUBLIQUE.
GÉNIE RURAL.
EAUX SOUTERRAINES

Fed la Alimentation en eau.
Réservoirs d'eau. Eaux souterraines.

125-142. Traitement de l'eau par « storage », coagulation et décantation. I. II. III. IV. (fin). BLANCHARD (P.); *Tech. Sci. municip.*, Fr. (jan. 1959), n° 1, p. 9-26, 6 fig.; (fév. 1959), n° 2, p. 51-65, 9 fig.; (mars 1959), n° 3, p. 81-96, 8 fig.; (avr. 1959), n° 4, p. 129-145, 10 fig. 62 réf. bibl. — Étude du traitement avant filtration des eaux brutes de rivière en vue de leur distribution publique (à l'exclusion des procédés destinés à corriger la composition chimique de ces eaux). — E. 57195, 57370, 57641, 57987.

CDU 628.16.

Fib OUVRAGES
INDUSTRIELS ET COMMERCIAUX,
DE PRODUCTION D'ÉNERGIE
ET D'UTILITÉ PUBLIQUE

Fib je Industrie.

126-142. L'usine C. Jamin à Oosterhout (Pays-Bas). (De fabriek van C. Jamin N.V. te Oosterhout-N.-Br.-). *Cement-Beton*, Pays-Bas (août 1958), n° 19-20, p. 799-803, 11 fig. (résumés anglais, français, allemand). — Atelier de 80 × 264 m à ossature en béton précontraint. — Couverture en sheds, à vingt-deux travées

2 x 40 m de portée sur poutres continues. — E. 54756.

CDU 725.4 : 624.012.46 : 69.024.25.

127-142. Résultats des calculs et des mesures thermiques relatifs à une cheminée en béton armé de 110 m de hauteur, à double paroi isolante, de la cimenterie « ENCI » à Maestricht (Pays-Bas). (Resultaten van berekeningen en metingen aan een gewapend-betonschoorsteen van 110 m hoogte met geïsoleerde spouw voor N.V. ENCI te Maestricht). LAZONDER (J.), VERHOEVEN (A. C.); *Cement-Beton*, Pays-Bas (août 1958), n° 19-20, p. 764-768, 12 fig. (résumés anglais, français, allemand). — Cheminée comprenant une gaine extérieure en béton armé et une gaine intérieure en maçonnerie conçue pour résister aux acides. Ventilation continue de l'espace ménagé entre les deux gaines pour éviter la condensation. — E. 54756. — CDU 697.1/9 : 697.85.

Production d'énergie.
Ouvrages hydrauliques. Barrages.
Régularisation des cours d'eau.
Revêtements de barrages.

128-142. Le barrage de Hagestein (Het uylcomplex te Hagestein). HOR (J.); *Cement-Beton*, Pays-Bas (déc. 1958), n° 23-24, p. 945-954, 31 fig. (résumés anglais, français, allemand, t. 1997). — Barrage à débit variable faisant partie d'un ensemble de trois ouvrages prévus pour la régularisation du Bas-Rhin (Nederrijn) à Lek, actuellement en cours de construction, complété par une écluse à sas. — Construction de cette écluse comportant l'emploi de blocs réfabriqués en béton. — Mise en place de ces blocs et bétonnage des éléments coulés. — E. 56042.

CDU 627.4/8 : 626.4 : 693.5 : 69.002.2.

129-142. L'aménagement hydroélectrique de Beaumont (Canada). Quelques problèmes particuliers. BENOIT (M.); *Ingénieur*, Canada (1958), vol. 44, n° 176, p. 7-15, 9 fig. — Étude d'ensemble de cet aménagement situé sur la rivière St Maurice et comportant un barrage en béton de 426 m de longueur et de 70 m de hauteur. — E. 56240. — CDU 627.8/1 (74).

130-142. L'aménagement hydroélectrique de la source sur le fleuve Kouilou-Niari en Afrique équatoriale française. CHERIER (L.); *Bull. Inform. écon. tech.*, Albanie (1959), n° 1, p. 7-14, 3 fig. — Description du projet prévoyant un barrage en voûte mince. — E. 56663. — CDU 627.84/88 (67).

131-142. La fermeture du barrage d'Oahe (Oahe dam closure). HAMMOND (D. G.); *Civ. Engng*, U.S.A. (fév. 1959), vol. 29, n° 2, p. 56-59, 9 fig. — Description succincte du barrage en enrochements d'Oahe sur le Missouri (2835 m de long, 74 m de haut), destiné à alimenter une centrale hydroélectrique de 595000 kW. — Établissement d'une dérivation pour abaisser le niveau de l'eau dans la rivière, et achèvement du barrage. — E. 57018. — CDU 627.8 : 691.2 : 621.311.

132-142. Étude des sols, construction et observation du comportement du barrage de Texarkana, au Texas (Review of soils design, construction and prototype observations, Texarkana dam, Texas). U.S. Army Engr Waterw. Exper. Stn Corps Engrs Vicks., Miss., U.S.A. (sep. 1958), Tech. Rep. n° 3-484, x + 78 p., 30 fig., 25 pl. h.-t., 2 réf. bibl. — D'une longueur de 5616 m et d'une hauteur de 22 m, ce barrage en terre compactée est destiné à la protection contre les crues. Exposé des recherches sur la nature du sol de fondation et des matériaux utilisables pour la réalisation de la digue. Recherche de l'équipement de compactage approprié. Mesures effectuées depuis la construction de l'ouvrage : pression hydrostatique, infiltrations, tassement. — E. 55984. — CDU 627.8 : 691.4 : 624.138/131.3.

133-142. L'aménagement hydroélectrique de Pirttikoski (Finlande) (The Pirttikoski power project). SISTONEN (H.); *Water Power*, G.-B. (mars 1959), vol. 11, n° 3, p. 86-91, 7 fig. — Description générale de l'aménagement en cours de construction sur la rivière Kemi, comportant un barrage en terre de 170 m de longueur et de 18 m de hauteur, avec un noyau central étanche qui sera réalisé avec les matériaux de la moraine recouvrant le lit de la rivière. — Étude des prises d'eau, de la centrale, de la chambre d'équilibre, et de la galerie de fuite. — E. 56908.

CDU 627.8 : 627.1 : 691.621.311.

134-142. Evolution de la conception des barrages en terre au Bureau of Reclamation des U.S.A. (Development of earth dam design in the Bureau of Reclamation). WALKER (F. C.); *U.S. Depart. Int., Bur. Reclam.*, Denver, Colorado, U.S.A. (août 1958), Commissioner's Office, xxi + 28 p., 12 pl. h.-t., nombr. réf. bibl. — Large exposé historique des tendances qui se sont manifestées au cours de quatre périodes : la première de 1902 à 1918, la seconde de 1919 à 1933, la troisième de 1934 à 1944, la quatrième de 1945 à 1958. — Description des nombreux ouvrages réalisés au cours de ces périodes. — E. 56454. — CDU 627.8 : 691.4.

135-142. Réalisation par injections du revêtement étanche du barrage de Nosice (Tchécoslovaquie) (Injektaz tesniacej clony na priehrade v nosiciach). PLCH (J.); *Instr Stavby*, Tchécosl. (21 nov. 1958), vol. 6, n° 11, p. 567-573, 13 fig., 1 réf. bibl. (résumés russe, allemand, anglais). — Conditions géologiques et géochimiques. — Matériaux utilisés pour l'injection; description des opérations d'injection du mélange argile, produits chimiques, ciment de trass. — Épaisseur du revêtement. — Contrôle des opérations. — E. 55724. — CDU 699.82 : 627.8 : 691.4.

136-142. Le clapet en forme de « ventre de poisson » et les systèmes de barrages inspirés de ce type. I. II. (fin) (Die Fischbauchklappe und verwandte Wehrsysteme). CIGIN (P.); *Bauingenieur*, All. (oct. 1958), n° 10, p. 367-374, 18 fig.; (nov. 1958), n° 11, p. 425-432, 18 fig., 1 réf. bibl. — Étude des différents dispositifs utilisés pour réaliser les barrages de hauteur variable; caractéristiques particulières, bases de calcul, mode de réalisation et de manœuvre des clapets à profil en « ventre de poisson ». — E. 55202. — CDU 627.8/4 : 621.646.

137-142. Progrès réalisés dans l'hydraulique des grilles de prises d'eau du type « en-dessous » (Fortschritte in der Hydraulik des Sohlenrechen). FRANK (J.); *Bauingenieur*, All. (jan. 1959), n° 1, p. 12-18, 12 fig., 10 réf. bibl. — Exposé théorique; étude des diverses méthodes de calcul; interprétation des résultats des recherches expérimentales de Nosedá. — Dimensionnement de la grille. — E. 56506. — CDU 532 : 627.84/88 : 621.646.

138-142. Numéro spécial. Centrales thermiques. 1958 — *La Technique Moderne* (Dunod), 92, rue Bonaparte, Paris, Fr.). (jan. 1959), n° 1, p. 7-116, nombr. fig., réf. bibl. — Étude de la centrale thermique à lignite d'Arjuzaux, en cours de construction. La nouvelle centrale de Montereau, équipée pour être alimentée soit au charbon pulvérisé, soit au gaz naturel. — Contrôle des températures de paliers auxiliaires aux centrales de Chalon, Lacq, Artix, Valenciennes les-Ansercuilles. La centrale thermique de Bordeaux-Ambès, prévue pour fonctionner indifféremment au mazout ou au gaz naturel. Installation de récupération d'énergie associée aux réacteurs G2 et G3. Les centrales électriques minières françaises. Leur évolution depuis 1947. Démarrage en temps minimum des turbines à vapeur de grande puissance. — E. 57345. — CDU 621.311.22 : 662.6/7.

139-142. La centrale électrique à turbine à gaz de Las Morochas (Vénézuëla) (Las Morochas

gas turbine power plant). MICHAEL (A. J.); *J. Power Div.*, U.S.A. (déc. 1958), vol. 84, n° P06 : *Proc. A.S.C.E.*, Pap. n° 1886, 16 p., 8 fig. — Les caractéristiques de génie civil des centrales à vapeur de la Tennessee Valley Authority (Civil engineering features of TVA steam electric stations). PALO (G. P.), EMMONS (W. F.), WAY (N. E.); *Pap. n° 1887*, 17 p., 6 fig., 2 réf. bibl. — Bâtiments des centrales et des ouvrages annexes : installations de manutention et de stockage du charbon, cheminées métalliques, installations de refroidissement de l'eau. — Installation de refroidissement de l'eau par la mer pour une centrale thermique de 800 mW (Ocean cooling water system for 800 MW power station). WEIGHT (R. H.); *Pap. n° 1888*, 22 p., 12 fig. — L'approvisionnement en eau des centrales thermiques (Water supply to thermal power plants). STANKIEWICZ (E. J.); *Pap. n° 1889*, 23 p., 14 fig., 5 réf. bibl. — E. 56248. — CDU 621.311.22 : 697.85/97.

Fid **VOIES**
DE COMMUNICATION
Fid ja **Routes.**

140-142. La route des sables. Construction de la route Fort-Lallemand — Hassi-Bel-Guebhour par le « Gassi-touil ». RIBES (G.), FONSENELL (J.); *Construction*, Fr. (jan. 1959), t. 14, n° 1, p. 7-13, 10 fig. — (Intégralité de l'étude de ces auteurs publiée partiellement dans le numéro spécial : Routes et pistes d'envol 1958 de la revue *Construction* de déc. 1958 et analysée dans notre DT. 139/140 de juil.-août 1959, sous le n° 172). — Route de 650 km conduisant des gisements pétroliers de la région d'Hassi-Messaoud aux gisements d'Edjeleh-Zarzaitine-Tignentourine. — Disposition géographique du Gassi-touil. — Travaux de prospection, technique adoptée et caractéristiques des matériaux utilisés pour la couche de fondation et la couche de base ainsi que pour la couche de roulement. — Organisation du chantier. — E. 56662. — CDU 625.73 : 625.85 (61).

141-142. La section de route expérimentale Düsseldorf-Nord réalisée pour l'étude des fondations de chaussées (Die Unterbau-Versuchsstrecke Düsseldorf-Nord). SCHNABEL (H.); *Strasse-Autobahn*, All. (jan. 1959), n° 1, p. 1-8, 8 fig., 5 réf. bibl. — Considérations générales sur la signification des routes expérimentales; étude et construction de la nouvelle section destinée aux essais; programme des recherches, choix des types de fondations et de couches de base à essayer. Cette section sera mise en service au printemps 1959. — E. 56613. — CDU 625.73 : 625.84/85 : 69.001.5.

142-142. Construction de dalles de revêtements routiers en béton précontraint à Osaka (Construction of prestressed concrete pavement slabs in Osaka City). KONDO (J.), OKADA (K.); *Mem. Fac. Engng Kyoto Univ.*, Japon (jan. 1959), vol. 21, Part 1, p. 1-14, 14 fig., 5 réf. bibl. — Description de deux dalles expérimentales mesurant respectivement 60 et 40 m de long, mises en place à Osaka en janvier 1958. Mode d'application de la précontrainte. Bétonnage. Résultats d'essais sous charge de trafic. — E. 57842. — CDU 625.84 : 693.56 : 69.001.5.

143-142. Le comportement dynamique des chaussées (Das dynamische Verhalten von Strassenkonstruktionen). BAUM (G.); *Strassen-Tiefbau*, All. (déc. 1958), n° 12, p. 674-680, 10 fig. — Nécessité d'étudier les chaussées comme soumises aux charges dynamiques réelles du trafic. Aperçu historique des recherches effectuées à cet effet; description de l'équipement de mesure utilisé en Allemagne; étude de la nature des charges dynamiques imposées aux chaussées et du mode de calcul des chaussées; exemple numérique. — E. 56058. — CDU 624.042 : 625.7

144-142. Comportement des couches de fondation en matériaux grenus sous des revêtements routiers en béton de ciment (Performance of granular subbases under concrete). *Nation. Acad. Sci. — Nation. Res. Council.* (publ. n° 634), U.S.A. (1958), *Highw. Res. Board Bull.* n° 202, 79 p., 81 fig., 40 réf. bibl. — Texte de trois communications : L. D. CHILDS, F. E. BEHN : Étude de la couche de fondation d'une route expérimentale à revêtement en béton de ciment dans l'Ohio. — B. E. COLLEY, W. J. NOWLEN : Comportement sous les charges répétées de couches de fondation pour revêtements en béton de ciment. — W. F. CHAMBERLIN, E. J. YODER : Influence de la granulométrie de la couche de base sur les effets examinés en laboratoire de pompage du sol de fondation (par la couche de fondation que le trafic soumet à des déformations répétées). — E. 57973.
CDU 625.73 : 691.322 : 625.84.

145-142. Garages et ateliers des Transports municipaux de la ville d'Amsterdam (Het garage- en werkplaatsencomplex van het Gemeente- Vervoerbedrijf aan de Jan Tooropstraat te Amsterdam-W.). KAMERLING (J. W.), HENSEL (H. P.); *Cement-Beton*, Pays-Bas (août 1958), n° 8 19-20, p. 786-790, 9 fig. (résumés anglais, français, allemand, p. 811). — Description d'un ensemble de bâtiments comprenant un dépôt pour cent soixante deux autobus et des ateliers. — Les bâtiments ont une ossature en béton armé. — Couverture en shed des bâtiments à un niveau, comportant vingt-trois poutres principales de portée variant entre 14 et 18 m. — E. 54756.
CDU 725.38/4 : 624.012.45 : 69.024.25.

146-142. Les facteurs de glissance des revêtements routiers et leur mesure (Pavement slipperiness factors and their measurement). *Nation. Acad. Sci. — Nation. Res. Council.* (publ. 607), U.S.A. (1958), *Highw. Res. Board Bull.* n° 186, 81 p., nombr. fig., 50 réf. bibl. — Huit communications présentées au Highway Research Board et relatives à la résistance au glissement des pneus sur les matériaux de revêtement des routes : Dispositif pour la détermination de la glissance relative des mélanges pour revêtements. — Le patinage à roues bloquées de différents pneus sur des surfaces routières propres et sèches. — Essais de détermination des coefficients de frottement par la méthode de la voiture patinant sur des surfaces humides ou sèches. — Mesure de la résistance d'un revêtement au patinage à l'aide d'une remorque simple à deux roues. — Nouveaux essais de résistance au patinage d'un revêtement en Virginie. — Nouveaux essais de résistance d'un revêtement à l'aide d'une remorque à trois roues. — Programme d'essais de patinage au Michigan. — Étude des caractéristiques de polissage des agrégats de calcaire et de grès du point de vue de la glissance des revêtements. — E. 55658.
CDU 620.191 : 625.8 : 69.001.5.

147-142. Systèmes de chauffage pour la protection des ponts, des routes et des pistes d'aérodromes contre le verglas et la neige (Boheizungssysteme für Brücken, Strassen und Flugpisten gegen Glatteis und Schnee). WAHL (E. H. E. F.); *Strassen-Tiefbau*, All. (déc. 1958), n° 12, p. 661-664, 666, 668-670, 672, 14 fig., 8 réf. bibl. — Compte rendu de recherches expérimentales effectuées sur une section de l'autoroute Cologne-Francfort-sur-le-Main, au cours de l'hiver 1957-1958. — Comparaison avec des installations de chauffage réalisées dans d'autres pays. — E. 56058.
CDU 697.35 : 624.21 : 625.7 : 699.83 « 324 ».

Fid ji Voies ferrées et bâtiments d'exploitation.

148-142. Le chemin de fer monorail Alweg. Construction de la section expérimentale de

Köln-Fühligen (Die Alweg-Bahn. Bau der Versuchsstrecke in Köln-Fühligen). *Hochtief Nachrichten*, All. (août-sep. 1958), 15 p., 38 fig. — Description de ce chemin de fer surélevé dont la voie est constituée par des poutres creuses rectangulaires en béton armé de 0,8 m de largeur, 1,4 m de hauteur et environ 15 m de longueur, pesant 28 t. Les poutres reposent sur des supports en béton armé. Le véhicule est à cheval sur la poutre. Étude de l'organisation du chantier de préfabrication des poutres et des supports. — E. 57792.
CDU 625.3/6 : 624.27.012.45.

Fid l Ouvrages pour la navigation.

149-142. Le port de Cotonou. GIRAUD (M.); *Travaux*, Fr. (fév. 1959), n° 292, p. 73-83, 15 fig. — Étude du projet de construction d'un port en eau profonde se substituant au wharf actuel. — E. 56645.
CDU 627.2/3 (67).

150-142. La fermeture du Haringvliet (Pays-Bas) (De afsluiting van het Haringvliet). SPOEL (A.); *Cement-Beton*, Pays-Bas (déc. 1958), n° 8 23-24, p. 920-927, 17 fig. (résumés anglais, français, allemand, p. 997). — Étude des travaux prévus dans le cadre du plan Delta, consistant dans la fermeture de bras de mer, le renforcement des digues, et la réalisation d'une écluse en béton constituée de dix-huit plots. — Description des travaux préparatoires pour la réalisation de cet ouvrage : aménagement et assèchement d'un puits de 1400 m × 500 m. — E. 56042.
CDU 627.5 : 626.4 : 624.157.

151-142. Exécution de jetées stables même en cas d'efficacité insuffisante des blocs utilisés comme brise-lames (Uførelse av rausmøller ved utilstrekkelig tilgang på bryteblokker). KJELSTRUP (S.); *Tek. Ukeblad*, Norvège (6 nov. 1958), n° 41, p. 969-972, 8 fig., 7 réf. bibl. — Relations entre la théorie et la pratique dans la conception et la construction des jetées. — L'expérience de la construction des jetées en Norvège a démontré qu'il est possible de réaliser des jetées avec une pente beaucoup plus raide que celle admise par le calcul. — E. 55458.
CDU 627.52 : 624.01.

Fif OUVRAGES D'ART

Fif j Souterrains.

152-142. Construction de deux tunnels routiers lors de la réalisation de la déviation Harburg/Schwaben (Allemagne) (Der Neubau zweier Strassentunnel beim Bau der Ortsumgehung Harburg/Schwaben). FICKERT (E.); *Bau-technik*, All. (fév. 1959), n° 2, p. 41-47, 17 fig., 3 réf. bibl. — Étude de deux tunnels routiers de 56 et de 246 m de longueur. — Calculs statiques et essais. — Injections de ciment et consolidation du terrain. — Problèmes d'étanchéité et de drainage. Exécution des travaux; ventilation et éclairage. — E. 56798.
CDU 624.19 : 624.012.45.

Fif m Ponts.

153-142. Quelques travaux récents de renouvellement de ponts-raîls (Some recent railway bridge renewals). HOLLOWAY (R. T.); *Bull. Instn civ. Engrs Ireland*, Irl. (fév. 1959), vol. 85, n° 3, p. 57-86, 9 fig., 7 fig. h.-t. — Entretien des ponts sur le réseau irlandais de Coras Iompair Eireann. — Appareils utilisés pour la mesure des contraintes dans les ouvrages. — Description de quelques ponts de construction récente : passages supérieurs en béton armé, en béton précontraint, passages inférieurs métalliques de construction rivée ou soudée. — Emploi des boulons à haute résis-

tance dans la construction des ponts. — E. 56520.
CDU 624.21.01 : 624.21.059 : 625.1.

154-142. Le pont sur le Mississippi à la Nouvelle-Orléans (U.S.A.) (Die Brücke über den Mississippi bei New Orleans, U.S.A.). PALL (G.); *Stahlbau*, All. (jan. 1959), n° 1, p. 7-9, 8 fig., 3 réf. bibl. — Description de ce pont-route mis en service le 15 avril 1958. — Il s'agit d'un ouvrage à poutres à treillis articulées et continues. — Travée centrale de 480 m de portée entre deux travées latérales de 260 et 180 m. Hypothèses de charge; matériaux; contraintes admissibles. — E. 56448.
CDU 624.28.014.2 : 624.075 : 624.078.6.

155-142. Economies réalisées au South Dakota dans la construction de deux ponts de forme identique, grâce aux dispositions prises pour l'emploi des coffrages des piles (South Dakota saved money by using same substructure forms on two look-alike bridges as big bridges prove big bargain). *Engng News-Rec.*, U.S.A. (15 jan. 1959), vol. 162, n° 2, p. 38-42, 44, 8 fig. — Ponts à travées multiples à poutres continues en treillis métallique de Forest City et de Moberge, de 1 396 et 1 542 m de longueur franchissant le Missouri. — Rationalisation très poussée dans la fabrication des éléments métalliques identiques pour les deux ouvrages. — Après l'achèvement du pont de Forest City, les coffrages ayant servi pour les piles ont été réutilisés pour les piles du pont de Moberge. — E. 56414.
CDU 624.28.014.2 : 624.166 : 69.057.5.

156-142. Le pont sur le Danube à Belgrade (Most na Duvanu u Beogradu). JOTIC (R.); *Nase Gradvinarstvo*, Yougosl. (oct. 1958), vol. 12, n° 10, p. NG219-NG224, 9 fig. (résumé français). — Pont à poutres à treillis soudés de 1 056 m de longueur, en cours de construction, remplaçant l'ancien ouvrage détruit pendant la guerre. Ce pont aura une largeur de 28,9 m et donnera passage à deux voies ferrées, à deux chaussées de 7 m de largeur et à deux trottoirs pour piétons de 1,5 m de largeur. — E. 56871.
CDU 624.28.014.25 : 625.1 : 625.7.

157-142. La construction du pont en arc le plus élevé du monde (Building the world's highest arch span). MURPHY (F. J.); *Civ. Engng*, U.S.A. (fév. 1959), vol. 29, n° 2, p. 50-53, 8 fig. — Description des travaux de construction du pont en treillis métallique franchissant le Colorado au Glen Canyon (323 m de long). — E. 57018.
CDU 624.6.014.2 : 624.074.5.

158-142. Ponts-routes de grande portée. Le pont sur le Rio Blanco (Mexique) (Puentes de gran claro para carreteras. Puente sobre el Rio Blanco, Ver.). ELIZONDO (J. C.); *Ingenieria Mexique* (jan. 1959), vol. 29, n° 1, p. 1-11, 17 fig. — Pont en arc métallique soudé de 76 m d'ouverture, à tablier inférieur. — E. 56694.
CDU 624.6.014.25 : 624.21.032.

159-142. Dispositifs d'ancrage et de protection d'un tablier de pont contre les crues (This bridge had to be anchored against uplift). *Track Struct.*, U.S.A. (oct. 1958), vol. 54, n° 10, p. 26-29, 6 fig. — Comme il était nécessaire de protéger un pont-poutre de chemin de fer franchissant un affluent du Mississippi contre les crues de ce cours d'eau et comme on ne pouvait surélever la voie, on a décidé de protéger ce tablier de pont par une sorte de cuvelage, et d'ancrer ce tablier aux piles afin de résister à la poussée existant en cas de crue. — Description de ces dispositifs et des ouvrages de protection des culées. — E. 57542.
CDU 624.21.059 : 627.51.

160-142. Ponts de grandes portées (Brücken mit grossen Spannweiten). STEINMAN (D. B.); *Stahlbau*, All. (jan. 1959), n° 1, p. 1-6, 13 fig., 6 réf. bibl. — Aperçu d'ensemble des ouvrages les plus caractéristiques : ponts en arc, ponts

élever, ponts à poutres en treillis continues, ponts suspendus. — Problèmes aérodynamiques (construction du pont de Tacoma). — Les ponts de l'avenir. — E. 56448. CDU 624.21.032.

INCIDENCES EXTÉRIEURES

Entretien. Réparations.
Comportement des ouvrages.
Déplacement des ouvrages.

61-142. Problèmes relatifs au vieillissement des ponts et viaducs. Effet à long terme de la charge et de la corrosion sur les ponts en acier des intempéries sur la maçonnerie. — Méthodes rationnelles d'entretien des ponts. Réparation et renforcement. — *Bull. Assoc. international. Ingr. Chemin Fer*, Belg. (jan. 1959), Section I. Voies et Travaux, question n° 1, p. 58-70. Conclusions présentées à la 17^e Session de l'Association internationale du Congrès des Chemins de Fer, Madrid 1958. — E. 56867. CDU 624.21.059 : 620.197 (061.3) (100).

162-142. Tenue des revêtements routiers (Pavement performance). *Nation. Acad. sci. Nation. Res. Council*. (publ. 608), U.S.A. (1958) *Highw. Res. Board. Bull.* n° 187, 77 p., nombr. fig., 5 réf. bibl. — Sept mémoires présentés à l'Assemblée annuelle du Highway Research Board des 6-10 janvier 1958 : Types et causes des détériorations des revêtements routiers. — Signes avertisseurs de menaces de détérioration des revêtements. — Estimation de la tenue des revêtements rigides. — Estimation de la tenue d'un revêtement de béton en cas d'application accélérée de la charge. — Examen d'éléments appropriés pour apprécier la valeur d'un revêtement. — Critères de détérioration des revêtements souples d'aérodromes. — Examen général de la tenue des revêtements routiers au Michigan. — E. 55725. CDU 625.8 : 69.059.4 (73).

163-142. Protection contre les affouillements et consolidation d'une pile du pont-rail sur la Ruhr à Herdecke (Beseitigung eines Kolkes und Pfeilersicherung am Eisenbahnviadukt über die Ruhr bei Herdecke). ZUCKER (O.), BRUX (G.); *Bautechnik*, All. (jan. 1959), n° 1,

p. 18-22, 12 fig. — Travaux effectués pour consolider un viaduc en maçonnerie de 313 m, constitué de 12 voûtes de 20 m d'ouverture, construit en 1875. — Reprise en sous-œuvre au moyen de béton « colcrete », mise en place des aggrégats; injection de mortier colloïdal. — E. 56447.

CDU 624.159.3/4 : 624.6 : 624.012.1.

Fod Modifications. Démolitions.
Désordres. Renforcement.

164-142. Les fissures de traction des poutres en béton armé (Tensile cracks in reinforced concrete). EISEN (A.), KRENCHEL (H.); *Ingenioren*, Damm. (1^{er} fév. 1959), n° 3, p. 101-110, 20 fig., 5 réf. bibl. — Exposé des résultats de recherches effectuées à l'Université technique du Danemark sur le développement des fissures, leur largeur et leur espacement, la relation entre ces grandeurs et le rôle des barres crénelées. — Interprétation des résultats, considérations théoriques. — E. 56534. CDU 69.059.2 : 624.072.2 : 624.012.45 : 620.1.

II. — TRADUCTIONS

D'ARTICLES TECHNIQUES, EFFECTUÉES PAR L'INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT
ET DES TRAVAUX PUBLICS

Des reproductions de ces traductions peuvent être fournies aux adhérents de l'Institut Technique.

514. Recherches sur la chaux d'hydrolyse dans les pâtes de ciment (Ricerche sulla calce idrolisi nelle paste di cemento). FRATINI (N.); *Annali chim.* Ital. (1950), vol. 40, 4 fig., 1 réf. bibl. — Recherches sur le contrôle et la préparation des ciments pouzzolaniques (Ricerche sul controllo e la preparazione dei cementi pozzolanici). FRATINI (N.), RIO (A.); *Annali chim.*,

Ital. (1951), vol. 41, 8 fig., 8 réf. bibl. — Résistance chimique des ciments pouzzolaniques (Resistenza chimica dei cementi pozzolanici). TURRIZIANI (R.), RIO (A.); *Industr. ital. Cemento*, Ital. (juin 1957), 4 fig., 13 réf. bibl. — Trois études distinctes sur des méthodes d'étude expérimentale de préparation et d'essai des ciments. — E. 57589. 43 p.

519. Sur le calcul d'une structure hélicoïdale en béton armé (Sul calcolo di una struttura elicoidale in cemento armato). ČEČNAR (E.); *Cemento*, Ital. (juil. 1954), n° 7, p. 17-18, 6 fig. — Calcul et détermination de l'armature d'un escalier sans limon ni paillasse. — E. 57636. 5 p.

III. — BIBLIOGRAPHIE

Chaque analyse bibliographique donnant le nom et l'adresse de l'éditeur et le prix de vente, les adhérents de l'Institut Technique sont priés de s'adresser directement aux éditeurs ou aux librairies pour se procurer les ouvrages qu'ils désirent acquérir; toutefois pour les ouvrages édités à l'étranger, il est préférable de les commander par l'intermédiaire de librairies spécialisées dans l'importation. Tous renseignements complémentaires seront fournis sur demande par l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics, 6, rue Paul-Valéry, Paris-XVII^e.

B-2671. Communications du Laboratoire d'Essais de Hanovre pour les fondations et les ouvrages hydrauliques (Mitteilungen der Hanoverschen Versuchsanstalt für Grundbau und Wasserbau). — *Franzius Institut der Technischen Hochschule Hannover*, All. (1958), n° 14, 1 vol. (14,5 × 21 cm), ii + 272 p., nombr. fig., nombr. fig. h. t., nombr. réf. bibl. — La présente livraison comporte quatre communications. — La première, de C. BRANDENBURG, intitulée « Contrôle du compactage de remblais constitués de sables de composition uniforme », décrit de façon détaillée les essais effectués en laboratoire et sur les chantiers pour la construction des digues du réservoir d'accumulation par pompage de Geesthacht. — La deuxième, de A. BLINDE, étudie l'emploi des déchets des eaux usées des industries minières (schlamm) pour l'aménagement progressif des digues des réservoirs de décantation. — La troisième, de H. A. KLEIN, est consacrée aux fleuves à marée et expose les techniques de mesure de leur débit dans les estuaires. — La quatrième, de C. MAGENS, étudie la houle et le ressac, décrit leurs effets,

et expose les données fondamentales de la conception des ouvrages à la mer et de la technique de protection des côtes. — E. 56755.

B-2672. Le chauffage à l'eau surchauffée. Description des caractéristiques et propriétés essentielles (Die Heisswasserheizung. — Eine Beschreibung der wesentlichen Merkmale und Zusammenhänge). SCHMITZ (J.); *Édit. : Verlag Haenchen u. Jäh*, Berlin (West). — Charlottenburg 9, Hessenallee 12, All. (1959), 2^e édit., « HR-Bücher » n° 10, 1 vol. (15 × 20,5 cm), 92 p., 63 fig., DM 6.20. — Manuel pratique à l'usage des installateurs. Caractéristiques principales des systèmes de chauffage à eau surchauffée (température supérieure à 110°). Domaine d'application, notamment pour le chauffage à distance. — L'eau et les caractéristiques de son écoulement dans les systèmes de chauffage à eau surchauffée et à haute pression. — Éléments constitutifs des installations. Canalisations. Conduites à grande distance. Isolement des canalisations. Réglage de la température et de la pression de la vapeur. Études d'installations. — 0.136/58A.

B-2673. Calcul des poutres à variations discontinues de section (Pruty s nahlou zmenou pruznu). HOREJSI (J.) *Édit. : Stati Nakladatelstvi Technické Literatury*, Spalena 51, Praha, 2, Tchécosl. (1958), 1 vol. (17,5 × 24,5 cm), 159 p., nombr. fig. — À partir de la proposition de Mohr, l'auteur présente des formules générales de calcul des rotations aux appuis correspondant aux efforts extérieurs et aux moments d'encastrement, permettant de ramener le calcul de ces poutres à celui des poutres à section constante. — Il établit le calcul des lignes d'influence des rotations aux appuis et des moments d'encastrement. — Il détermine les facteurs dont le calcul permet l'application pratique de cette méthode. Il présente, pour le calcul de ces facteurs un ensemble d'abaques et de tableaux, qui constituent la partie principale de l'ouvrage. — Il montre enfin, au moyen d'exemples traités, la conduite pratique des calculs. — 0.52/59.

B-2674. La fatigue des métaux. — CAZAUD (R.); *Édit. : Dunod*, 92, rue Bonaparte, Paris, Fr. (1959), 4^e édit., 1 vol. (16 × 25 cm), x +

574 p., nombr. fig., F 6 900. — L'ouvrage s'adresse aux ingénieurs, dessinateurs d'étude, chefs de fabrication et d'entretien, et en général principalement à tous les techniciens qui étudient, construisent ou utilisent des machines. — A la lumière des travaux récents effectués tant en France, qu'à l'étranger, l'auteur fait le point des connaissances sur le problème de la fatigue des métaux. Il décrit les caractères des cassures de fatigue, étudie l'influence des différents facteurs qui déterminent la rupture, et expose les principes devant permettre, par le choix de métaux convenables et une étude rationnelle des pièces, de construire les machines avec le maximum de sécurité. — Historique et généralités. Caractères des ruptures de fatigue : cassures et fissures de fatigue, recherche et détection des fissures de fatigue. Exposé des théories sur le mécanisme de la fatigue des métaux. Exécution des essais de fatigue et description des machines utilisées pour ces essais. — Limites d'endurance des métaux et alliages. Influence de divers facteurs sur la fatigue : conditions d'application des efforts, dimensions et forme des pièces, état de surface, sens des fibres, température, corrosion. Endurance des assemblages. Amélioration de l'endurance des pièces de machines. — 0.85/59.

B-2675. *Traité de béton armé. T. II. — Le calcul du béton armé.* — GUERRIN (A.); Édité : Dunod, 92, rue Bonaparte, Paris, Fr. (1959), 2^e édit., 1 vol. (15,5 x 24 cm), x + 294 p., 230 fig., F 2 800. — Règlements et normes; hypothèses admises. — Calcul de la pièce comprimée : étude élastique; contraintes dans les surfaces de contact; étude des conditions de rupture; applications. — La pièce tendue : pièces tendues longues; enveloppes. La pièce en flexion simple : section rectangulaire; en té, circulaire pleine, circulaire creuse, triangulaire, quelconque; calcul à la rupture. La pièce en flexion composée : contraintes de même sens; contraintes de sens contraires; prédétermination d'une section; calcul à la rupture. La pièce en flexion déviée. L'influence de l'effort tranchant. La pièce en torsion. Calculs de poinçonnement. Appuis des poutres en béton armé. — Poutres-cloisons. Calcul des flèches. Les calculs hyperstatiques en béton armé. Calcul des dalles. — 0.130-59.

B-2676. *La maison en béton armé.* — Vue d'ensemble complète des dessins et calculs. EROSICHI (V.); Édité : Dunod, 92, rue Bonaparte, Paris, Fr. (1959), 2^e édit., 1 vol. (24 x 32 cm), 100 p., 53 fig., F 1 800. — Le but du présent ouvrage, traduit de l'italien, est de donner aux jeunes maîtres d'œuvre et aux constructeurs un exemple pratique de la façon d'établir le projet et d'effectuer le calcul d'un bâtiment à ossature en béton armé. Le bâtiment étudié comporte trois étages et un rez-de-chaussée surélevé. — Après un exposé du projet d'ensemble composé de dessins, qui constituent les éléments d'un dossier de permis de construire, l'auteur expose la façon de traiter les différents problèmes jusqu'à leur résolution. — De nombreuses notes rappellent dans les différents chapitres les dispositions des règlements et les notations utilisées en France. — 0.115-59.

B-2677. *Manuel du laboratoire routier.* — PELTIER (R.); Édité : Dunod, 92, rue Bonaparte, Paris, Fr. (1959), 3^e édit., 1 vol. (16 x 25 cm), xx p. + 291 p., 60 fig., F 2 800. — Dans cet ouvrage, de caractère essentiellement pratique, l'auteur traite uniquement de l'étude en laboratoire des revêtements routiers et de leur fondation. — Il a pour but d'indiquer aux ingénieurs, entrepreneurs, et techniciens du chantier et du laboratoire, les principaux essais à effectuer dans chaque cas concret, d'exposer le processus opératoire exact de ces essais, de guider les techniciens dans l'interprétation des résultats obtenus, et de les conseiller au sujet de l'équipement des labo-

ratoires. — Le plan de l'ouvrage présente les divisions suivantes : les remblais, les sols de fondation de route, les pierres et les gravillons des liants hydrocarbonés, les liants hydrauliques et les bétons routiers. — 0.116-59.

B-2678. *Cours de béton précontraint.* — ROBINSON (J. R.); Édité : Dunod, 92, rue Bonaparte, Paris, Fr. (1959), 2^e édit., 1 vol. (16 x 25 cm), xiv + 145 p., 75 fig., F 1 100. — Au cours des quatre années qui se sont écoulées entre la première et la deuxième édition du présent ouvrage, des précisions ont été apportées par les expérimentateurs sur certains points, tels que le fluage et la relaxation des aciers pour précontrainte ou leur comportement à la fatigue. — L'emploi de gaines métalliques résistantes protégeant les câbles mis en place avant bétonnage, et d'huiles solubles spéciales pour leur graissage, ont permis de réduire d'une manière considérable les frottements dans les parties courbes. — L'auteur a tenu compte de ces progrès dans la nouvelle édition. Il a également développé des considérations d'ordre pratique au sujet de différents procédés de précontrainte d'origine française, et insisté sur les précautions à prendre lors de la mise en œuvre des câbles. — D'autre part, un chapitre a été ajouté sur les particularités que présentent les déformations des poutres précontraintes et sur les précautions à prendre. — Définition du béton précontraint. Caractéristiques des matériaux. Contraintes de service. Procédés techniques de la précontrainte par armatures. Principes de calcul du béton précontraint. Théorie de la flexion simple. Moment fléchissant. Effort tranchant. Essais de poutres. Sécurité par rapport aux surcharges. Armatures ordinaires, joints, reprises et coutures. Mise en tension des câbles. Déformations des poutres précontraintes. Le béton armé précontraint. — 0.88/59.

B-2679. *Organisation et comptabilité des Services des Ponts et Chaussées.* — PRIEUX (H.); Édité : Eyrolles, 61, Bd. Saint-Germain, Paris, Fr. (1959), 2^e édit., 1 vol. (16 x 25 cm), 198 p., nombr. réf. bibl., F 1 100. — Les règles de la comptabilité publique sont d'une telle complexité qu'il était nécessaire de les commenter pour ce qui concerne les Services des Ponts et Chaussées. — La première partie de l'ouvrage traite de l'organisation et des attributions des Services. — La seconde partie, après avoir étudié en détail les principes et le mécanisme de la comptabilité publique, passe en revue tous les aspects de la comptabilité propre aux différents services des Ponts et Chaussées. — L'ouvrage intéresse tout particulièrement les grandes administrations, les entreprises qui travaillent avec les collectivités publiques, ainsi que les comptables professionnels et les candidats aux concours administratifs. — 0.79/59.

B-2680. *Guide théorique et pratique de la recherche expérimentale.* — LECLERCQ (R.); Édité : Gauthier-Villars, 55, Quai des Grands-Augustins, Paris, Fr. (1958), 1 vol. (15,5 x 24 cm), 135 p., nombr. fig., nombr. réf. bibl., F 1 400. — Le facteur humain dans la recherche : formation et qualités du chercheur. — Le directeur de recherches : la conduite de la recherche. — Le facteur laboratoire : appareillage, documentation et administration. — Le facteur méthode : pourquoi la méthode expérimentale? Choix du sujet; établissement de la bibliographie; essais d'orientation, et recherche systématique. Observation, expérience, analyse et synthèse. La mesure. Calcul d'erreurs et probabilités. — Détermination des facteurs. La représentation graphique; application des mathématiques à l'hypothèse et à la théorie. — Calculs numériques. — Au-delà de la recherche. Philosophie des sciences; relativité de la connaissance; importance sociale de la recherche. — 0.41/59.

B-2681. *La construction préfabriquée en Europe. Sélection de procédés et de réalisations.* — Agence européenne de Productivité de l'Organisation européenne de Coopération économique (O.E.C.E.); 2, rue André Pascal, Paris, Fr. (déc. 1958), Projet n° 226, 1 vol. (21 x 27 cm), 123 p., nombr. fig., F 750. — Aperçu général des réalisations européennes dans le domaine de la construction de logements. — Constructions en bois, en acier, en aluminium, en éléments réfractaires. — Systèmes avec utilisation de blocs creux de grandes dimensions. Systèmes avec utilisation d'éléments préfabriqués en béton de hauteur d'étage. — Systèmes avec utilisation de squelettes en béton armé. Préfabrication lourde. Systèmes spéciaux. Systèmes utilisés dans les pays scandinaves. — Le « traditionnel évolué » : utilisation d'éléments préfabriqués dans la construction traditionnelle des immeubles d'habitation. — Importante bibliographie. — 0.89/59.

B-2682. *Lexique des termes employés dans la technique du contacteur.* Français, anglais, allemand, italien, espagnol. — La Télémechanique électrique, 33, av. du Maréchal-Joffre, Nanterre, Fr. (Editis SODINA), 33 bis, av. du Maréchal-Joffre, Nanterre, Fr.), (s.d.), 1 vol. (13 x 21 cm), 204 p. — Ce lexique comporte tous les termes couramment employés dans la technique du contacteur électromagnétique, ainsi que les termes d'électrotechnique générale. — 0.113-59.

B-2683. *Normes A.S.T.M. adoptées dans les règlements américains de la construction* (ASTM standards in building codes). — Édité : American Society for Testing Materials (A.S.T.M.) 1916 Race St., Philadelphia 3, Pa., U.S.A. (mai 1958), 1 vol. (15 x 23 cm), xxii + 1 041 p., nombr. fig., nombr. réf. bibl., \$ 8.00. — Spécifications et méthodes d'essai des matériaux et produits. Produits d'addition pour le ciment et le béton. Agrégats minéraux. Produits en amiant-ciment. Produits bitumineux pour couvertures et travaux d'étanchéité. Briques. Ciments. Bétons. Agglomérés de béton. Cuivre et alliages de cuivre. Fer. Plomb et alliages de plomb. Plâtre. Chaux. Mortier. Tuyaux non métalliques. Matières plastiques. Pièces en acier. Armatures pour béton. Aciers de construction. Matériaux pour l'isolation thermique. Bois et produits pour la protection du bois. Essais de résistance au feu. Méthodes générales d'essais. — 0.107-59.

B-2684. *Normes A.S.T.M. sur les agrégats minéraux et le béton (y compris les matériaux sélectionnés pour chantiers routiers).* — Spécifications. Méthodes d'essais. Définitions (ASTM standards on mineral aggregates and concrete — with selected highway materials — Specifications. Methods of testing. Definitions). — American Society for Testing Materials (ASTM), 1916 Race St., Philadelphia 3, Pa., U.S.A. (sep. 1958), 1 vol. (15 x 23 cm), xi + p. 445-818, nombr. fig., nombr. réf. bibl., \$ 4.75. — Texte des spécifications concernant les divers types d'agréments pour béton bitumineux et béton de ciment : caractéristiques des agrégats légers pour agglomérés de béton. Méthodes d'essais du béton; échantillonnage; analyse granulométrique par tamisage; poids spécifique. — Béton préparé en centrale; entraîneurs d'air; cendres volantes; pouzzolanes. — Produits de cure. — Caractéristiques des divers types de ciments. Aciers d'armature. — 0.102/59.

B-2685. *Nomenclature des barrages réalisés, en cours de construction ou en projet aux États-Unis* (Register of dams in the United States, completed, under construction and proposed). MERMEL (T. W.); Édité : McGraw-Hill Book Company Inc., 330 West 42nd Street New York 36, N.Y., U.S.A. (1958), 1 vol. (22 x 28,5 cm), xiii + 429 p., nombr. fig., \$ 12.50 (F 3 600 x). — Présentée dans l'ordre

abétique, avec indication de l'emplacement et des caractéristiques essentielles, cette nomenclature est suivie de 300 photographies et plans de barrages. — 0.101/59.

B-2686. Conditionnement de l'air des maisons d'habitation et des locaux commerciaux. Dimensionnement, montage et entretien des installations (Residential and commercial air conditioning. - Sizing, installation, servicing —). BURKHARDT (Ch. H.); Éd. : McGraw-Hill Publishing Company Ltd, McGraw-Hill House 9, Farringdon Street, Londres EC. 4, G.-B. (1959), 1 vol. (16 × 24 cm), x + 324 p., nombr. — Important ouvrage abondamment commenté. — Les 94 premières pages sont consacrées à l'étude des appareils réfrigérateurs d'absorption ou à compression; nombreux exemples de réalisations; détails de montage relevant à différents locaux; emploi du système de la pompe de chaleur. — Le calcul énergétique comporte 60 pages avec étude des deux méthodes : méthode de la Warm Air Rating and Air conditioning Association, et méthode de l'Institute of Boiler and Radiator Manufacturers. — Le reste de l'ouvrage est consacré aux canalisations d'air, au réglage et au démarrage des moteurs, à la mise en route d'une installation, aux pannes, à l'entretien de l'appareillage. — 0.91/59.

B-2687. Calcul des fondations sur semelles. Nouvelle méthode de détermination des pressions sur les assises, des moments fléchissants, et des tassements des fondations sur semelle continue et sur radier, (Berechnung von Flächen Gründungen. — Ein neues Verfahren zur Bestimmung der Sohldrücke, Biegemomente und Setzungen von Streifen- und Plattenfundamenten. —). KANY (M.); Éd. : Wilhelm Ernst und Sohn, Hohenzollerndamm 169,

Berlin-Wilmersdorf, All. (1959), 1 vol. (17 × 24 cm), xii + 202 p., 228 fig., 57 réf. bibl., DM. 35. — Le problème du calcul des semelles de fondation reposant sur un sol élastique est étudié depuis plus d'un demi-siècle par un grand nombre d'ingénieurs et de mathématiciens; toutefois, on ne disposait pas jusqu'à présent d'une méthode pratique de calcul facilement accessible au technicien et tenant compte des connaissances les plus récentes acquises dans le domaine des sols de fondation. — Le présent ouvrage comble cette lacune. La méthode décrite s'applique aux fondations élastiques sur semelles continues, mais peut être également utilisée pour le calcul approché des radiers reposant sur un sol élastique. — L'exposé théorique est explicité à l'aide de nombreux exemples numériques. — L'ouvrage s'adresse plus particulièrement aux ingénieurs des bureaux d'études, mais présente également un grand intérêt pour les professeurs et chercheurs des grandes écoles et des instituts de recherches. — A) *Partie théorique*. — Résultats d'essais sur modèles. Caractéristiques des méthodes de calcul utilisées jusqu'à présent. Présentation de la nouvelle méthode. Calcul approché de la distribution des pressions sous les radiers. Calcul simplifié des tassements. — B) *Partie pratique*. — Calcul des fondations ordinaires sur semelles. Calcul des fondations élastiques ou rigides. Recherches spéciales. Calcul de la fondation d'un immeuble de grande hauteur. — Tables et exemples numériques. — 0.106-59.

B-2688. La protection contre l'incendie dans la construction métallique, notamment en ce qui concerne les poteaux (Der Feuerschutz im Stahlhochbau insbesondere von Stahlstützen). BOUE (P.); Éd. : Stahlbau Verlags, Eber-

plaz 1, Köln, All (1959), *Berichte des Deutschen Ausschusses für Stahlbau*, n° 21 (20 × 28 cm), 180 p., 206 fig., 60 réf. bibl., DM. 24. — La tenue de l'acier aux hautes températures. Mesures de protection des éléments de construction métallique contre le feu. Essais de résistance au feu en Allemagne et hors d'Allemagne depuis 1920. Essais exécutés par l'auteur sur divers types de poteaux et interprétation de leurs résultats. — Suggestions en vue de la révision de la norme allemande DIN 4102. — E. 57689.

CDU 699.41 : 624.014.2 : 624.072.3 : 620.1.

B-2689. Essais sur modèles pour l'étude du cours inférieur de la Weser et de ses affluents (Modellversuche für die Unterweser und ihre Nebenflüsse). — *Franzius-Institut Technischen Hochschule Hannover* Nienburger Str. 4, All. (1959), *Mitteilungen der Hannoverischen Versuchsanstalt für Grundbau und Wasserbau*, n° 15^a et 15^b, 2 vol. (14,5 × 24); n° 15^a (texte), viii + 194 p., 8 pl. h.-t.; n° 15^b, 296 fig. — (Communications du Laboratoire d'Essais de Hanovre pour les Fondations et les ouvrages hydrauliques). — n° 15^a: Compte rendu détaillé d'essais sur modèles exécutés entre 1956 et 1958. Ces essais ont eu pour objet de déterminer si la réalisation des ouvrages envisagés dans la zone soumise à l'influence des marées et en amont de cette zone était susceptible d'apporter des modifications au régime des marées et au débit du cours inférieur de la Weser et de ses affluents. — Exposé des problèmes généraux posés par les fleuves à marée. Construction des modèles hydrauliques. Organisation des essais effectués au laboratoire d'hydraulique. — Résultats des essais principaux. Études spéciales. — n° 15^b: Figures, tableaux et graphiques. — E. 56973.

ADDITIF

Dans la DT. 141 de septembre 1959,
aux articles n°s 23, 73, 99, lire :

Voir analyse détaillée B. au
chapitre III « Bibliographie » de la
DT. 142.

(Reproduction interdite.)

ÉDITÉ PAR LA DOCUMENTATION TECHNIQUE
DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS,
6, RUE PAUL-VALÉRY, PARIS-XVI^e.

(Ann. I. T. B. T. P.)

6565-10-59. Typ. FIRMIN-DIDOT et C^{ie}, Mesnil (Eure).
Dépôt légal : 4^{es} trim. 1959.

Le Directeur-Gérant : P. GUÉRIN.

ÉTUDE DES CONDITIONS D'UTILISATION DES CHAUFFE-EAU

(dans une pièce de volume minimum)

par **MM. J. C. MARÉCHAL** et **R. BRIGNOL**,

Chef de la section thermique et Ingénieur au Centre Expérimental de Recherches et
d'Études du Bâtiment et des Travaux Publics

RÉSUMÉ

Avant d'aborder le problème des conditions d'utilisation des chauffe-eau, les auteurs rappellent quelques notions de toxicologie des gaz et étudient en particulier l'action de l'oxyde de carbone sur l'être humain.

Puis ils exposent le principe expérimental des essais qui sont effectués dans une pièce parfaitement étanche où l'air introduit peut être dosé. Un dispositif permet de prélever l'air dans la pièce à différentes hauteurs et à la sortie du chauffe-eau; cet air est analysé par absorption dans l'infrarouge.

Une première tranche d'essais consiste à essayer des chauffe-eau instantanés : deux neufs de marques différentes et un usagé. Pour ce dernier, remis progressivement en état, plusieurs séries de mesures sont faites. Dans tous les cas, la teneur en oxyde de carbone puis en gaz carbonique sont mesurées. Puis le rôle de la ventilation est examiné, et celui de l'augmentation de la température ambiante.

En dernier lieu une série d'essais concerne les chauffe-bain.

Après l'examen de ces essais, les auteurs concluent sur la nécessité d'utiliser ces appareils de façon intermittente, sur l'importance de la ventilation et sur l'obligation d'entretenir en bon état les appareils à gaz.

SUMMARY

Before approaching the problem of the operating conditions of water-heaters, the authors review certain basic concepts of the toxicology of gases, and in particular study the effect of carbon monoxide on the human organism.

They then set forth the experimental principle of the tests that are carried out in a completely air-tight room where the introduced air can be determined. A device enables the air in the room at different heights and at the outlet of the water-heater to be sampled. This air is analyzed by absorption in infrared.

An initial series of tests consists in testing instantaneous water-heaters : two new ones of different makes, and one used model. For the latter, progressively reconditioned, several series of measurements are made. In all cases the carbon monoxide content, then the carbonic gas content, are measured. Then the role of the ventilation is examined, as well as that of the increase of the ambient temperature.

Finally, a series of tests concerns bath-heaters.

After a review of these tests the authors conclude by pointing out the necessity of using these pieces of equipment intermittently, the importance of ventilation, and the obligation of maintaining gas equipment in good condition.

AVANT-PROPOS

La Commission technique de la couverture-plomberie de l'Institut Technique et des Laboratoires du Bâtiment et des Travaux Publics présidée par M. LASALLE, à la demande de la Commission nationale technique présidée par M. PIOLLET a chargé le Centre Expérimental de Recherches et d'Études du Bâtiment et des Travaux Publics d'examiner le problème des conditions d'utilisation des chauffe-eau instantanés à gaz dans une pièce de volume minimum.

Nous avons demandé à plusieurs personnalités particulièrement compétentes du Laboratoire Municipal de la Ville de Paris, du Laboratoire du Gaz de France, de la Chambre Syndicale des Entrepreneurs de Couverture-Plomberie, à quelques constructeurs d'appareils, de bien vouloir suivre l'avancement de nos travaux et participer à leur orientation. Nous tenons à les remercier des conseils éclairés dont ils nous ont honorés, et tout particulièrement M. THAURY, vice-président de la Commission technique, président de la Commission du Gaz de la Chambre Syndicale, qui a suivi nos essais et nous a fait bénéficier en maintes occasions de son expérience technique.

D'autre part, l'aide et la collaboration de M. MOUREU, Directeur du Laboratoire Municipal et de ses adjoints, MM. FICQUELMONT, TRUFFERT et LEBBE en particulier pour l'analyse de 1330 échantillons d'atmosphère que nous leur avons confiés, ont permis de mener ce travail dans les conditions de précision et de rendement qui s'imposaient.

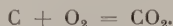
GÉNÉRALITÉS

Nous pensons qu'il est utile de commencer cet exposé par un bref rappel de quelques notions générales destinées à remettre en mémoire que le monde où nous vivons aurait par trop tendance à considérer que l'être humain doit s'adapter à ses désirs de progrès et qu'en matière de toxicologie des gaz la fonction ou l'habitude finirait par créer l'organe.

L'oxyde de carbone se produit dans la combustion de tous les produits riches en carbone :



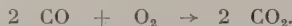
La combustion complète en présence d'un excès d'air donne l'anhydride carbonique :



Les prescriptions du Conseil d'hygiène autorisent en France 15 % d'oxyde de carbone dans le gaz de ville.

Le gaz de ville est donc par lui-même toxique (en cas de fuite), mais aussi dans le cas des combustions incomplètes, en particulier lorsque la flamme est refroidie par des parois trop proches (grosse lessiveuse etc...) et surtout lorsque ces parois gênent l'admission d'air au niveau des brûleurs.

La combustion complète de l'oxyde de carbone se traduit par :

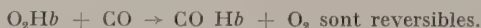


En fait la composition moyenne du gaz (fig. 1) nécessite pour sa combustion complète un volume d'air frais de 4,2 m³ par mètre cube de gaz en produisant 3,8 m³ de gaz brûlés.

Considérations physiologiques [1].

CO est un poison du sang agissant sur le pigment respiratoire. L'oxyde de carbone forme avec l'hémoglobine dissoute une combinaison d'addition, la carboxyhémoglobine CO Hb semblable à la combinaison oxygénée O₂Hb.

Les deux réactions :



La différence essentielle est que la réaction CO Hb + O₂ = O₂Hb + CO ne se produit pas avec la même vitesse. L'oxygénation étant plus lente, l'état d'équilibre des

deux réactions est réalisé au moment où les vitesses des deux réactions sont égales (1).

Le tableau ci-après (page 1063) donne le taux de carboxyhémoglobine correspondant aux teneurs en CO de l'air et les symptômes généraux observés.

Il ne faut pas perdre de vue non plus la grande loi qui domine les phénomènes de physiologie animale qui est la surface de l'individu.

Plus le volume du sujet est petit, plus sa surface est grande par rapport au volume. Le volume du sang est à peu près proportionnel au volume total, et le rythme cardiaque et respiratoire s'accroît à peu près en raison inverse.

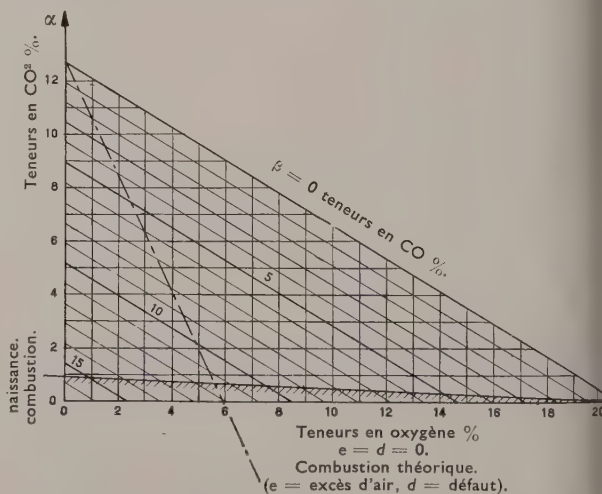


FIG. 1. — Diagramme de combustion du gaz manufacturé
(H₂ = 46 % CH₄ = 15,8 % CO = 14,5 % C₂H₆ = 4 %
CO₂ = 2,6 % N₂ = 15,3 % O₂ = 2 %)
(composition moyenne)
V_a = 4,2 m³/m³ (Volume d'air comburant)
V_{fa} = 3,8 m³/m³ (Volume de fumées sèches)
α₀ = 12,7 % (Teneur maximale des fumées sèches en anhydride carbonique).

P_{cs} = 4 600 kcal/m³ (pouvoir calorifique sup.)
P_{ci} = 4 130 kcal/m³ (pouvoir calorifique inf.)

(1) Loi d'action de Masse de Guldberg et Waage.

Taux d'hémoglobine oxycarbonée correspondant à différents pourcentages d'oxyde de carbone dans l'air

Proportion d'oxyde de carbone dans l'air			Proportion de COHb %	CO % cm ³ de sang normal. Capacité respiratoire = 25	Symptômes observés
en % du vol. total	en cm ³ /m ³	en fraction du vol. total			
0,00025	2,5	1/400 000	0,25	0,065 cm ³	Néant.
0,001	10	1/100 000	1,05	0,26 cm ³	Néant.
0,01	100	1/10 000	9,6	2,4 cm ³	Léger mal de tête à la longue.
0,05	500	1/2 000	34,6	8,6 cm ³	Mal de tête sévère. Vertiges, troubles de la vue. Tendance au collapsus.
0,10	1 000	1/1 000	51,5	12,9 cm ³	Accélération de la respiration et du pouls. Syncope.
0,20	2 000	1/500	68	17 cm ³	Coma. Ralentissement du pouls et de la respiration. Mort.
dose mortelle 0,50	5 000	1/200	84,5	21 cm ³	Mort rapide.
1	10 000	1/100	91,6	22,9 cm ³	» »

Il s'ensuit que les enfants sont plus vite atteints que les adultes.

Jusqu'ici nous avons examiné des valeurs quantitatives de la toxicité sans faire intervenir le temps d'exposition au gaz toxique.

Les tableaux ci-après peuvent nous renseigner :

Toxicité de l'oxyde de carbone pour l'homme
(d'après KOHN-ABREST).

Effet	Durée en heures	Teneur en oxyde de carbone dans 1 000 parties d'air
Intoxication chronique. Anémie.		0,1
Intoxication sérieuse	8 à 10	1
Mort	3 à 4	1,5
Mort	2 à 3	2
Mort	1	5
Mort	1/2	10

Toxicité de l'oxyde de carbone pour l'homme
(d'après le Department of Scientific and Medical Research).

Effet	Durée	Concentration de l'oxyde de carbone	
		proportion	cm ³ /m ³
Maux de tête, confusion mentale, collapsus.	5 mn d'exercice ou 15 mn repos.	1/100	10/000
id.	60 mn d'exercice ou 3 h repos.	1/2 000	500
Maux de têtes, nausées.	2 h d'exercice ou 6-7 h repos.	1/5 000	200
Céphalée légère possible et quelques troubles de la respiration.	10 h et plus.	1/10 000	100

On sait également que l'activité physique modifiant le rythme cardiaque et respiratoire, celle-ci ne peut qu'accélérer les phénomènes d'intoxication.

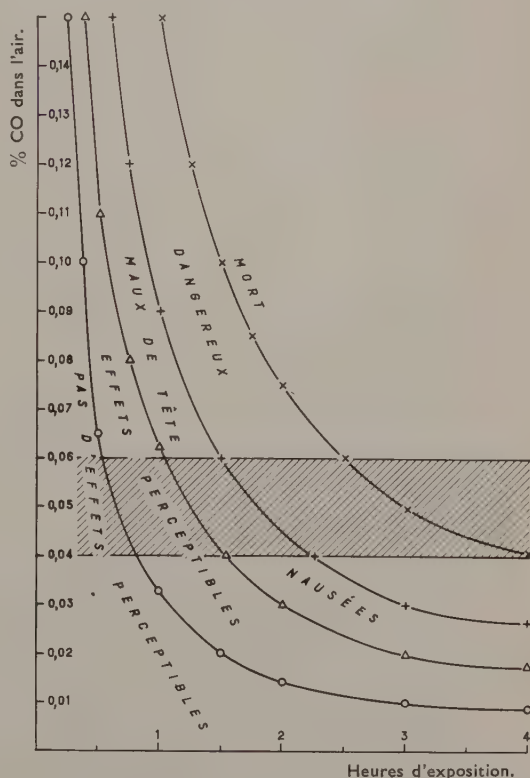


FIG. 2. — Effets de l'oxyde de carbone sur l'homme en fonction de la durée d'exposition.

(D'après le document 212 du Bureau of Standards U.S.A.)

Un autre point doit être considéré : le taux d'oxyde de carbone normalement contenu dans le sang chez les sujets apparemment sains et en bonne santé. Certains malades atteints d'affections cardio-vasculaires ou pulmonaires, également ceux présentant un dérèglement du métabolisme : diabétiques, oxalémiques etc... peuvent présenter des teneurs en CO endogène. La teneur normale en CO qui peut se tenir aux environs de 1 cm³ de CO par litre de sang peut alors atteindre la valeur de 20 à 40 cm³ de CO par litre de sang, si bien que l'intoxication aiguë ne peut être suspectée qu'au-dessus de cette dernière valeur (1).

A titre indicatif, un fumeur après dix cigarettes peut atteindre 3 cm³ % de CO dans le sang.

Si l'on considère maintenant le cas extrême de la mort par intoxication, les physiologistes ont introduit un coefficient d'empoisonnement qui est le rapport entre la quantité A d'oxyde de carbone contenu dans le sang « post mortem », et la quantité B maximum de CO que peut absorber ce même sang.

Coefficient d'empoisonnement chez cinq individus ayant succombé à une intoxication oxycarbonée

	Oxyde de carbone dans 100 cm ³ de sang des cadavres en cm ³ A	Capacité maximum de 100 cm ³ de sang pour l'oxyde de carbone en cm ³ B	Coefficient d'empoisonnement A B
I	17,7	26,5	0,667
II....	17,1	25,3	0,695
III...	15,9	24,6	0,647
IV...	17,6	25,4	0,690
V....	16,0	24,3	0,660

Il en ressort que le coefficient d'empoisonnement par asphyxie est aux environs de 0,66. Mais il apparaît que ce coefficient peut s'abaisser en fonction de la durée de l'intoxication et descendre jusqu'à 0,50 pour une durée de plusieurs heures dans une atmosphère renfermant entre 0,4 et 0,5 % de CO.

Dans les intoxications fréquentes au foyer domestique, on peut considérer deux cas d'intoxication :

— **Le cas subaigu** en atmosphère dangereuse provoquant à plus ou moins brève échéance des vertiges, la paralysie des membres, la syncope et la mort; la vitesse de ces symptômes est fonction de la teneur en CO et plus ou moins des conditions physiques du sujet. Si celui-ci ne réalise pas le danger lui-même dès le début pour se soustraire à l'ambiance nocive, il n'a d'autres recours que l'aide extérieure, ou bien, condition plus aléatoire, la chance d'une syncope à brève échéance qui ralentit son intoxication par l'abaissement du rythme cardiaque et respiratoire.

— **Le cas chronique** qui présente des symptômes de maux de tête et des vertiges en produisant une modification importante de la composition sanguine, peut être le fait d'une certaine accoutumance permettant au sujet de supporter des teneurs en CO qui seraient d'emblée dangereuses.

Mais cette accoutumance disparaît lorsqu'il se produit des lésions diminuant la résistance de l'organisme (voir tableau ci-dessous).

Il est officiellement admis à l'heure actuelle que le maximum de CO dans l'air pour une exposition n'excédant pas huit heures par jour était de 0,01 pour cent.

Examinons maintenant le CO₂. Le CO₂ en faible proportion dans l'air stimule et accélère la respiration, si la teneur atteint 6 % les mouvements respiratoires sont plus fréquents; il y a excitation du cerveau; la sensibilité diminue jusqu'à l'anesthésie.

Effets observés lors d'un séjour dans une atmosphère renfermant de petites quantités d'oxyde de carbone (Sayers)

Teneur en oxyde de carbone de l'atmosphère respirée ‰	Durée du séjour en heures	Saturation du sang par l'oxyde de carbone %	Effets observés	
			Immédiats	Tardifs
A. Expériences sur trois sujets assis et au repos.				
0,2	6	16 à 20	Légers symptômes à la fin de l'expérience.	Aucun.
0,3	4	22 24	Symptômes légers.	
	5	26 à 27	Symptômes modérés : mal de tête. Étourdissements.	Non persistants.
0,4	1	15 à 19	Symptômes très légers, baillements, mal de tête.	
	2	21 à 28	Étourdissements ; le fait de marcher est suivi de palpitations cardiaques.	Mal de tête persistant, irritabilité, insomnie.
B. Expériences sur deux sujets effectuant un travail musculaire (bicyclette).				
0,25	1	14 à 16	Symptômes modérés.	Modérés.
0,33	1	17	Symptômes modérés.	Modérés.

(1) Suivant la méthode de mesure employée, la méthode de Nicloux donne des valeurs supérieures à celle de Truffert [2].

Toxicité de l'anhydride carbonique.

	Concentration en anhydride carbonique	
	en mg/l	en cm ³ /m ³
Mortel en 1/2 h-1 h	90-120	50 000-67 000
Dangereux en 1/2 h-1 h	70-80	39 000-44 500
Supporté 1/2 h-1 h	60-70	33 500-39 000
Faiblement actif après plusieurs heures d'action	20-30	11 000-16 700
Supportable 6 heures sans symp- tômes graves	10	5 550

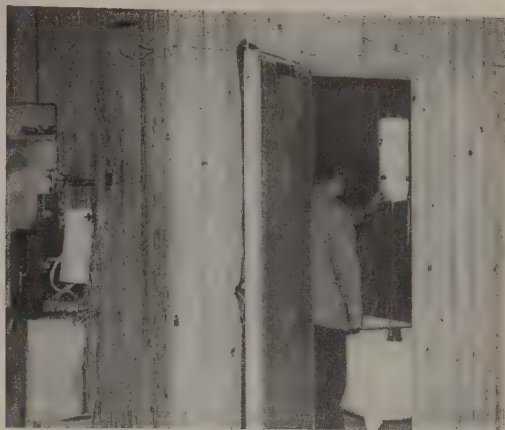


FIG. 3. — Vue d'ensemble de la pièce d'essai.

En présence de CO, CO₂ ne peut que contribuer à accélérer les symptômes d'intoxication par CO puis-
qu'il accélère la respiration.

On ne doit pas dépasser des teneurs en CO₂ de 1 %.

Les gaz CO et CO₂ sont toxiques mais l'appauvrissement de l'oxygène contenu dans l'air est aussi un facteur qui peut conduire à des malaises, il est dans le cas qui nous intéresse, à peu près lié à l'augmentation de CO₂ dans l'atmosphère.

D'autre part, la présence de vapeur d'eau dans l'atmosphère qui est rapidement saturée (la combustion d'1 m³ de gaz d'éclairage produit environ 400 g de vapeur d'eau), provoquera également — si la ventilation n'est pas suffisante — d'abondantes condensations sur les parois. L'individu dans cette ambiance, chaude et saturée, verra s'accroître son rythme respiratoire et chaque expiration contribuera à l'absorption de vapeur saturée de même de CO₂, 1 litre d'eau dissolvant 1 litre de CO₂.

ESSAI DE CHAUFFE-EAU

Après le rappel de ces notions élémentaires, nous pouvons aborder le problème expérimental concernant l'utilisation des chauffe-eau dans une pièce figurant une pièce d'eau ou une petite cuisine. Bien que les règlements ne soient pas assez formels, nous avons évité de poser une fenêtre dans cette pièce étanche pour n'introduire l'air de renouvellement que par un canal bien défini à l'on puisse pratiquer des mesures servant à évaluer les quantités d'air introduites. Il est heureux par contre que dans la réalité des bâtiments construits, les pièces ne soient pas, en dehors des ouvertures volontairement pratiquées, absolument étanches et que les fuites non prévues viennent s'ajouter à celles que l'on a conseillé de pratiquer, à condition toutefois que les occupants n'aient pas cru bon d'utiliser de ces joints plus ou moins défectueux qui sont, disons-le, malheureusement très fréquents.

La pièce d'essai (voir fig. 3) représente un local de 2,64 m² de surface à peu près carrée et de 2,64 m de haut.

Cette pièce a été construite étanche sur sa paroi intérieure et isolée thermiquement pour figurer un coefficient de transmission calorifique K d'environ 1,2. Elle est équipée d'une porte également calorifugée et rendue étanche par une feuillure spéciale pourvue d'un joint élastique.

L'équipement intérieur comprenait :

— le chauffe-eau essayé et, comme réceptacle de l'eau, une baignoire. (Le chauffe-eau instantané ne doit pas être utilisé pour l'alimentation d'une baignoire, nous avons utilisé celle-ci pour des raisons de commodité pour nos mesures de débit, et également pour obtenir dans certains cas une saturation de l'air par échange avec le plan d'eau ainsi constitué.)

Le dispositif de mesure était constitué pour le gaz, d'un compteur à gaz de bonne précision, d'un manomètre de précision (fig. 4).

Un dispositif de prélèvement de l'air à différentes hauteurs dans la pièce et à la sortie de gaz du chauffe-eau (voir fig. 5 et 6).

Les prélèvements étaient faits au moyen de sacs que l'on remplissait de l'air à analyser. Cette méthode a été employée plutôt que l'enregistrement continu pour des raisons de matériel de mesure.

Les dosages ont été faits au moyen des analyseurs de gaz ONERA basés sur l'absorption dans l'infrarouge.



FIG. 4. — Mesure du débit de gaz.

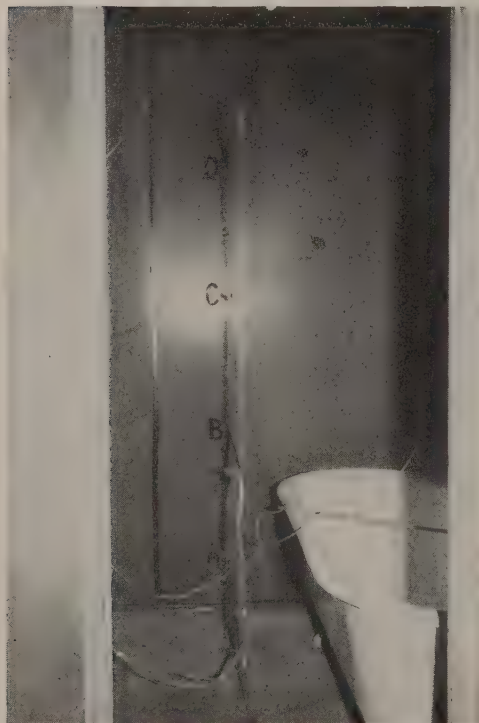
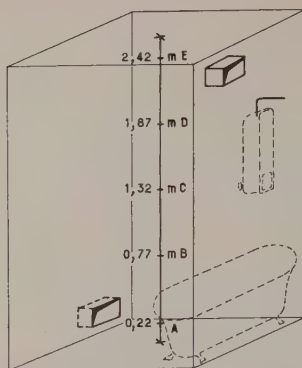


FIG. 5 et 6. — Disposition intérieure de la pièce.

La température de l'air a été mesurée aux mêmes niveaux que les prélèvements d'air. D'autre part, la température extérieure, la température de l'eau dans la baignoire, et également les températures à l'entrée et à la sortie des gaines de ventilation ont été mesurées.

Ces mesures étaient faites au moyen de thermocouples connectés à un potentiomètre enregistreur.

De plus, lors des essais de renouvellement d'air en fonction des ouvertures, la mesure de la vitesse de l'écoulement de l'air dans les gaines a été faite au moyen d'ané-



FIG. 7. — Exécution d'une mesure.

momètres à fil chaud (à thermocouple, ce qui permettait également l'enregistrement).

Le dispositif étant sommairement décrit, nous avons pensé, pour alléger quelque peu le texte, qu'il serait préférable de résumer les quatre-vingts graphiques obtenus en faisant figurer les points intéressants sur d'autres graphiques plus synthétiques. Pour rendre ces graphiques plus aérés, nous avons représenté les différents phénomènes mesurés pour une hauteur de référence qui sera ici de 1,87 m au-dessus du sol; ce chiffre correspond à la hauteur d'un point de mesure. Nous avons choisi ce point plutôt que celui de 1,32 m pour les raisons suivantes :

— pendant le fonctionnement du chauffe-eau, pour des raisons de convection, les plus fortes teneurs en CO et CO₂ se trouvent à la partie haute de la pièce; donc, dans tous les cas, la teneur en CO et CO₂ est plus élevée à 1,87 m qu'à 1,32 m. D'autre part, cette hauteur n'est pas hors de proportion avec la taille des utilisateurs qui peuvent par conséquent respirer l'air vicié à cette hauteur; donc a priori ce choix est à peu près légitime; ce n'est d'ailleurs ici qu'une convention de simplicité puisqu'il est possible depuis nos mesures de définir la teneur en CO ou CO₂ à n'importe quelle hauteur.

La hauteur de référence étant précisée, il a paru également plus commode de scinder dans la mesure du possible l'examen de l'indice de toxicité, des teneurs en CO et CO₂ et de l'influence de la ventilation.

La première tranche d'essais consistait à essayer des chauffe-eau instantanés de 125 mth/mn. Nous avons utilisé trois appareils, deux neufs et un usagé.

Les deux neufs sont des chauffe-eau de marques différentes, tous deux répandus.

Le chauffe-eau de 125 mth/mn appelé usagé a son histoire : c'est un chauffe-eau qui a été utilisé pendant environ un an et demi dans des conditions extrêmement dures pour la vie de l'appareil. Installé dans une vaste salle d'enseignement ménager sous une hotte spéciale pourvue d'un tirage mécanique particulièrement efficace, il a pratiquement servi pendant deux cent soixante jours et environ 3 h 30 mn par jour; il n'a jamais été nettoyé; il a été déposé parce qu'il fonctionnait mal et nous a été envoyé.

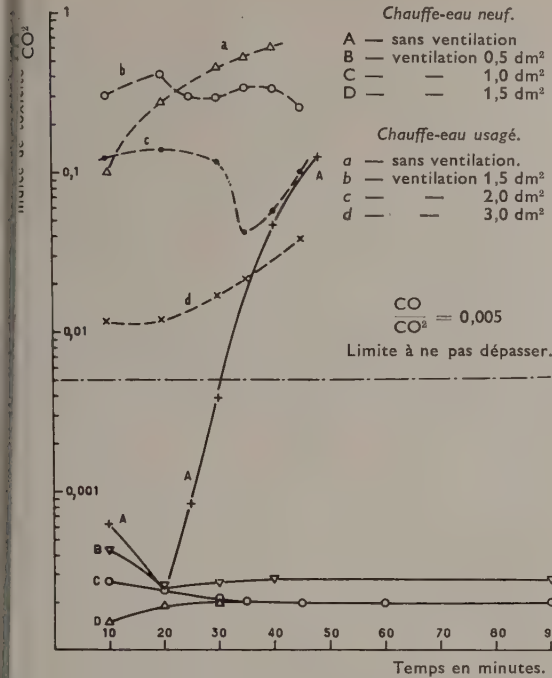


FIG. 8. — Variation des indices de toxicité en fonction du temps et du renouvellement d'air.

Nous l'avons d'abord utilisé tel quel sans nettoyage ni révision. C'est le cas de l'appareil utilisé pour des besoins de proportion avec l'usage pour lequel il a été conçu. L'utilisation exagérée conduit à un encrassement de l'appareil dont le fonctionnement ne tarde pas à devenir pénible.

Pour les différents appareils étudiés, le raccordement des appareils a été exécuté par un ouvrier de la profession.

Nous avons contrôlé que les différents montages ne présentaient aucune fuite de gaz.

It, indice de toxicité. — Ainsi que nous l'avons dit plus haut c'est la présence d'oxyde de carbone qui constitue le principal danger. Depuis les travaux de Kohnbrest il est convenu de définir les produits de combustion au point de vue toxicité par un indice de toxicité qui est le rapport des volumes d'oxyde de carbone et d'acide carbonique $It = \frac{CO}{CO_2}$. Cet indice est théoriquement égal à zéro lorsque la combustion est parfaite, pratiquement il est différent de zéro. La valeur admissible doit rester inférieure à 0,005.

Nous avons déterminé cet indice en fonction du temps et de la ventilation pour les appareils utilisés dans nos expériences. Le graphique de la figure 8 est très éloquent et montre que pour les appareils neufs utilisés l'indice était, sauf pour les cas de la pièce non ventilée, toujours inférieur à la valeur indiquée; par contre pour l'appareil usagé, dans tous les cas il était hors des limites, sauf peut-être pour des ouvertures largement supérieures à 3 dm² (ouvertures qui seraient un peu exagérées pour

toutes autres considérations que celles de l'hygiène). Il est à remarquer que l'indice de toxicité peut varier dans le rapport de 1 à 1 000 et être soixante fois supérieur à ce que l'on considère comme la limite à ne pas dépasser.

Teneur en CO (fig. 9).

Les mesures effectuées ont montré que lorsque le chauffe-eau était neuf, les quantités de CO étaient négligeables dans le cas d'orifices de ventilation supérieurs à 0,5 dm². Par contre, dans le cas du chauffe-eau en mauvais état, des ouvertures de 1,2 ou 3 dm² sont très insuffisantes.

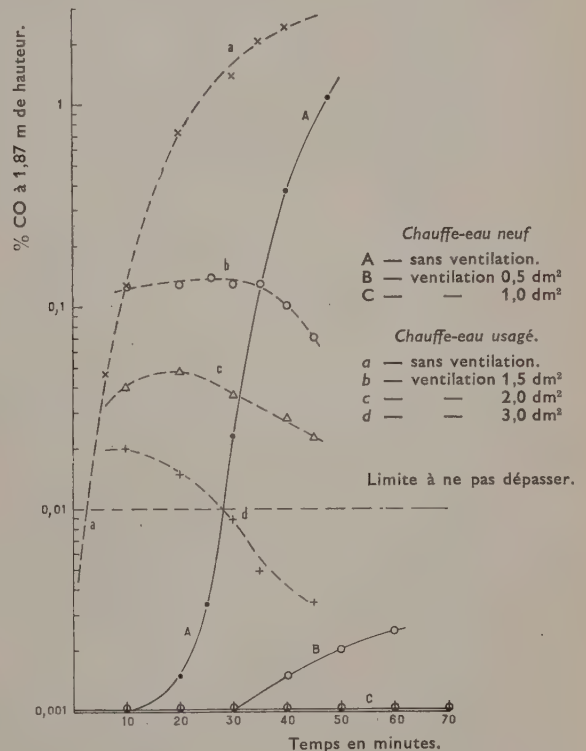


FIG. 9. — Teneurs en % CO en fonction du temps à 1,87 m de hauteur (comparaison entre chauffe-eau neuf et usagé).

Dans tous les essais la teneur en CO est plus importante dans les premières minutes : les phénomènes de convection naturelle demandant un certain temps pour produire un renouvellement d'air suffisant.

Le graphique de la figure 10 illustre le cas où la pièce n'est plus seulement munie de simples ouvertures sur l'extérieur, mais le cas où cette pièce possède une sortie haute raccordée à une gaine de tirage. Une entrée d'air de 1 dm² dans ce cas correspond quelque peu aux résultats obtenus avec 3 dm² dans le cas précédent; par contre une entrée de 2 dm² serait presque utilisable.

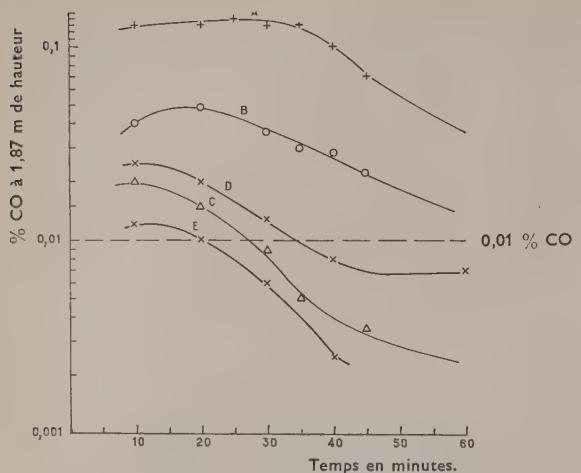


FIG. 10. — Teneurs en % CO en fonction du temps à 1,87 m de hauteur (chauffe-eau usagé de 125 mth).
 A — ventilation 1,5 dm² D — ventilation 1,0 dm² cabine raccordée
 B — — 2,0 dm² E — — 2,0 dm² — —
 C — — 3,0 dm²

Nota : Aérations haute et basse identiques situées sur des parois opposées.

Il est alors évident que si le local est muni d'une gaine d'évacuation efficace, le danger provoqué par le mauvais fonctionnement accidentel d'un appareil, s'il n'est pas complètement écarté, est quand même réduit dans des proportions qui permettent d'éviter l'intoxication grave et rapide.

Les résultats obtenus avec le chauffe-eau dit « usagé » n'étaient pas sans nous inquiéter, car dans le cas de ventilations faibles cet appareil est dangereux. Nous avons donc entrepris de rechercher les causes de cet indice de toxicité élevé. Il faut rappeler que ce chauffe-eau était dans un état assez lamentable, plein de suie, les ailettes déformées, la régulation de l'admission du gaz défectueuse (extinction très différée).

Nous avons d'abord remplacé les brûleurs, puis procédé à des nouvelles mesures qui n'introduisaient aucune amélioration, puis ensuite nettoyé la suie, redressé les ailettes qui étaient très recuites, remis en état le système de régulation. Les mesures exécutées après cette remise en état montraient une très nette amélioration.

Le tableau récapitulatif ci-dessous donne les résultats obtenus pour des ouvertures dans la pièce de 1,5 dm².

État de l'appareil	Mesures sur le chauffe-eau		Mesures dans la pièce à 1,87 m	
	It	CO %	CO %	CO ₂ %
Initial	0,3	2,4	0,13	0,55
Remplacement des brûleurs ..	0,3	2,5	0,10	1,05
Remise en état du régulateur et des ailettes; nettoyage ..	0,0014	0,015	0,00	0,36

Lors de ces différents essais nous avons remarqué que lors des premiers essais, les ailettes déformées et encrassées rougissaient. Il est probable qu'une partie du CO₂ produit dans la combustion était transformée en CO, d'où l'indice de toxicité élevé.

La déformation des ailettes a été provoquée par la mauvaise régulation; en effet lorsque, l'appareil fonctionnant, on fermait la circulation d'eau, le gaz ne s'arrêtait qu'après un certain retard, en produisant de la vapeur et un chauffage exagéré des ailettes en déformant celles-ci.

Le CO₂ (fig. 11 et 12).

En examinant les résultats des mêmes essais, mais concernant le CO₂, on voit tout de suite que des ouvertures de 0,5 ou 1 dm² ne conduisent pas à des résultats acceptables, les teneurs en CO₂ sont trop élevées; par contre, 1,5 dm² semble pouvoir être utilisé bien que les valeurs soient assez tangentes à la valeur limite admise.

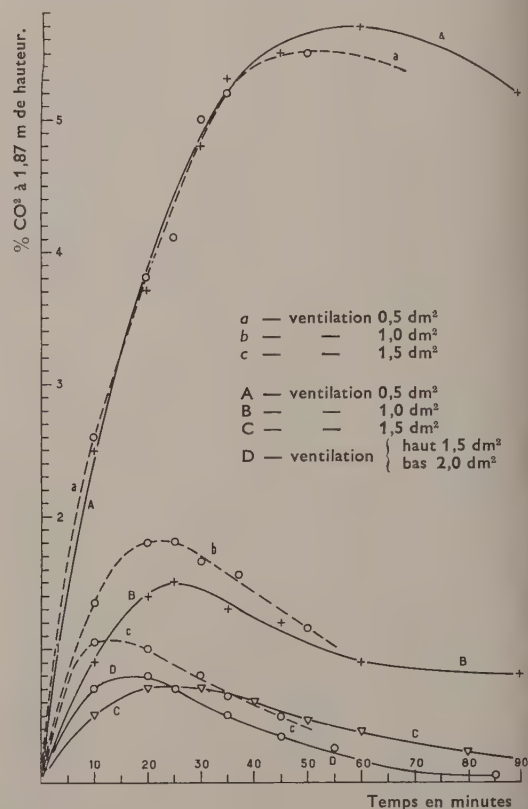
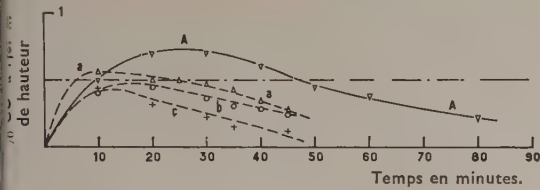


FIG. 11. — Teneurs en % CO₂ à 1,87 m de hauteur en fonction du temps pour des aérations différentes (Chauffe-eau neuf de 125 mth).

En pointillé : Ouvertures inférieures et supérieures sur une même paroi (côté chauffe-eau).

En trait plein : Ouvertures inférieures et supérieures sur des parois opposées.

Nota : Les ouvertures ont des sections identiques.



Chauffe-eau de 125 mth neuf.

Chauffe-eau de 125 mth usagé.

A — ventilation 1,5 dm²a — ventilation 1,5 dm²b — — 2,0 dm²c — — 3,0 dm²Fig. 12. — Teneurs en % CO₂ à 1,87 m de hauteur en fonction du temps pour des aérations différentes.

En trait plein : Chauffe-eau de 125 mth neuf.

En trait pointillé : Chauffe-eau de 125 mth usagé.

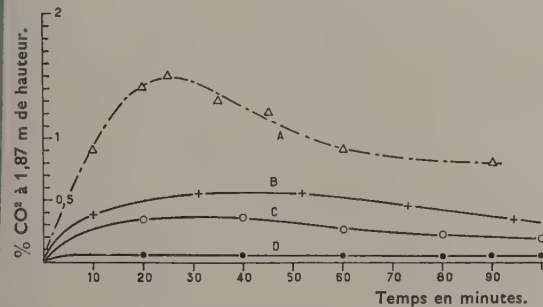
Nota : Ouverture inférieure et supérieure sur des parois opposées.

Il est à remarquer que la production de CO dans ces cas est presque nulle et l'indice de toxicité très faible. Les données américaines concernant le travail en atmosphère de CO₂ prescrivent que pour un travail de huit heures il ne faut pas dépasser 0,5 %. Il est peu probable que ce genre d'appareil soit utilisé huit heures consécutives; quelquefois des salons de coiffure en utilisent, mais il est certain que dans des pièces à usage professionnel le taux de renouvellement a été choisi assez grand.

On notera également que la forme de la courbe est fortement influencée par le démarrage de la ventilation naturelle. Toutefois, il semble préférable dans les cas particuliers de prévoir une ventilation raccordée à un conduit de ventilation.

D'autre part, on remarque inévitablement que les teneurs en CO₂ produites par le chauffe-eau usagé avant entretien sont faibles, mais ces quantités sont faibles parce que justement la combustion est très mauvaise, ce qui confirme que les teneurs en CO sont élevées.

Si l'on considère les résultats concernant l'usage intermittent (fig. 13) les ventilations de 1 dm² et 1,5 dm²

A — ventilation 1,0 dm² (usage continu)B — — 1,0 dm² (2 mn chauffage — 5 mn arrêt)C — — 1,5 dm² (5 mn — — 5 mn —)D — ventilation basse : 1,5 dm² — haute dans gaine aération.

(5 mn chauffage — 5 mn arrêt).

Fig. 13. — Teneurs en % CO₂ en fonction du temps à 1,87 m de hauteur (chauffe-eau neuf de 125 mth).

Usage intermittent.

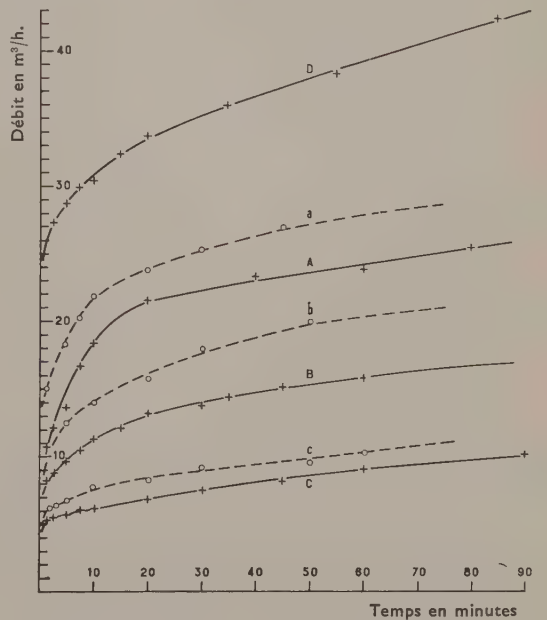
sont très suffisantes et conviennent très bien à l'usage normal de l'appareil. Lorsque la pièce est raccordée à une gaine de tirage les conditions sont alors parfaites.

Ventilation.

Donc, si l'on utilise un chauffe-eau fonctionnant bien et bien entretenu, son indice de toxicité est par suite faible. Le problème entier n'est plus dépendant que du renouvellement d'air. Celui-ci doit-être suffisant pour que la combustion soit complète et pour entraîner suffisamment les gaz brûlés.

Dans le cas des ouvertures pratiquées dans le mur avec ou sans conduit de tirage, il faut que la sortie de l'air vicié se fasse au ras du plafond sur la même face que l'appareil et le plus près possible de celui-ci afin de ne pas favoriser la diffusion des gaz les plus toxiques dans la pièce.

L'entrée basse d'air pourra se faire soit sur le même côté soit sur tout autre côté. Il y a même un petit avantage à les opposer, bien que la perte de charge entre l'entrée et la sortie soit plus grande dans le cas des ouvertures opposées, et que le débit soit plus important lorsqu'elles sont sur la même face ainsi que le montre le graphique des débits (fig. 14).

a — ventilation 1,5 dm²b — — 1,0 dm²c — — 0,5 dm²A — ventilation 1,5 dm²B — — 1,0 dm²C — — 0,5 dm²D — — { bas 2,0 dm²{ haut 1,0 dm²Fig. 14. — Débits d'air en m³/h en fonction du temps pour des aérations différentes (chauffe-eau neuf de 125 mth).

En pointillé : Ouvertures inférieure et supérieure sur une même paroi (côté chauffe-eau).

En trait plein : Ouvertures inférieure et supérieure sur des parois opposées.

Le passage de l'air frais à travers la pièce draine une plus grande partie des gaz de combustion (fig. 11).

Sur le graphique de la figure 15 on peut comparer les résultats obtenus avec le chauffe-eau usagé dans le cas du local raccordé à une gaine de ventilation et sans gaine de ventilation.

Il est à peu près certain que les conditions de ventilation les plus défavorables se produisent l'été, au moment où l'écart de température entre l'intérieur et l'extérieur des habitations est faible ou souvent même inversé; c'est pourquoi nous sommes d'abord placés dans les conditions isothermes qui peuvent paraître au premier abord artificielles.

Nous avons ensuite étudié le comportement d'un chauffe-eau placé dans une pièce chauffée.

La pièce a été préalablement mise en régime thermique avec un écart de température de 25° C entre l'inté-

rieur et l'extérieur. L'appareil utilisé était le chauffe-eau usagé avant entretien; les résultats (fig. 16) mettent assez bien en évidence l'importance du renouvellement correspondant à la période d'hiver et l'abaissement de la teneur en CO dans la pièce qui en résulte dans le cas du chauffe-eau usagé.

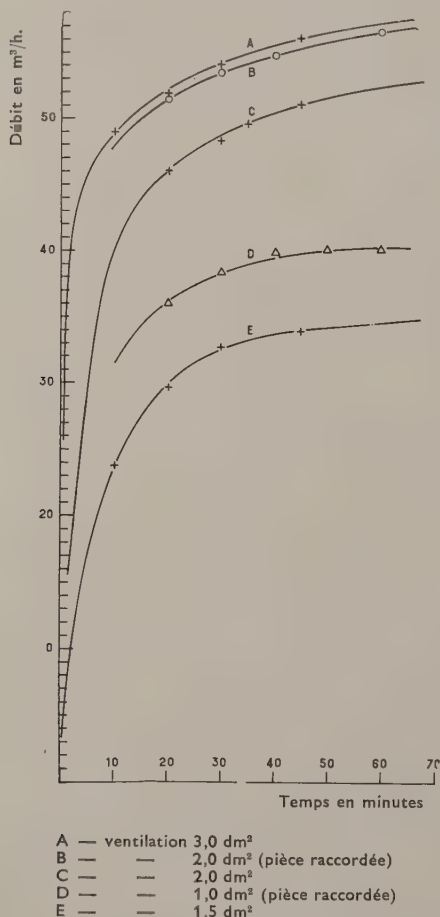


FIG. 15. — Débits d'air en m³/h en fonction du temps pour des aérations différentes (Chauffe-eau usagé de 125 mth).

Nota : Ouvertures inférieures et supérieures sur des parois opposées. Sections de passage identiques.

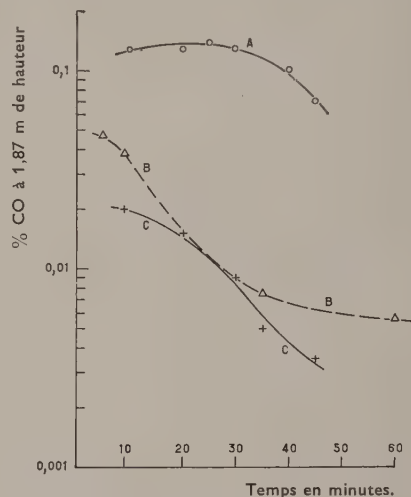


FIG. 16. — Teneurs en % CO en fonction du temps à 1,87 m de hauteur (Chauffe-eau usagé 125 mth).

Accessoirement deux essais complémentaires ont été exécutés. Le premier consistait à remplacer les ventilations par trois trous pratiqués dans le haut de la porte (Ø 20 mm), dans ce cas, nous avons obtenu l'extinction du chauffe-eau par manque d'oxygène (cas analogue à la pièce étanche).

Un deuxième essai pratiqué en plaçant une petite fenêtre à la place de la porte, la surface totale de cette fenêtre était de 0,35 m². Elle était munie de fentes avec déflecteurs. Nous avons également obtenu l'extinction du chauffe-eau.

ESSAIS DE CHAUFFE-BAIN

Profitant de l'installation des appareils de mesures, nous avons procédé à quelques essais sur un chauffe-bain de 200 mth/mn.

Ces essais ont été faits suivant le même processus expérimental.

Quatre expériences ont été faites :

1° La pièce équipée seulement de deux orifices (haut et bas) sans raccordement de gaine de ventilation.

2° La pièce dans sa partie haute raccordée à une gaine de ventilation.

3° Évacuation des gaz brûlés du chauffe-bain directement à l'extérieur (au moyen d'un court tuyau ayant le même diamètre que la sortie du coupe-tirage).

4° Évacuation directe des gaz brûlés dans une gaine de ventilation raccordée au coupe-tirage.

Dans tous les cas le chauffe-bain était muni de son coupe-tirage d'origine.

En examinant les résultats du graphique de la figure 17, aucun doute ne subsiste : il faut au moins évacuer les gaz directement à l'extérieur; la solution est parfaite dans le cas où cette sortie des gaz est raccordée à une gaine de tirage.

- Chauffe-bain non raccordé. Ventilation parois opposées : 1,5 dm²
- Chauffe-bain raccordé à un tuyau débouchant hors de la pièce. Ventilation basse : 1,0 dm².
- Pièce raccordée directement à la cheminée de ventilation : 2,0 dm². Ventilation basse : 1,5 dm².

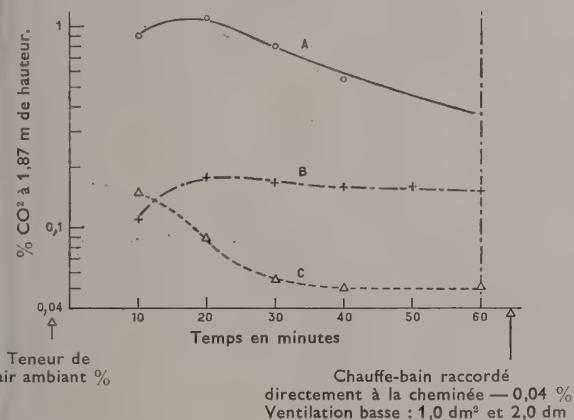


FIG. 17. — Teneurs en % CO₂ en fonction du temps à 1,87 m de hauteur. (Chauffe-bain de 200 mth.)

Il est à remarquer que ces essais ont été faits, le système intérieur-extérieur isotherme au départ (cas de l'été).

Cet ensemble de mesures de températures, de débit d'air, de teneur en CO₂, nous laissaient l'espoir de définir, du moins très grossièrement, une loi générale du fonctionnement du renouvellement d'air. Des calculs ont été entrepris et n'ont pas conduit aux résultats espérés.

Connaissant approximativement les quantités de chaleur utilisées dans la pièce, nous avons pu toutefois équilibrer un bilan thermique entre ce qui entrait, par la combustion, et ce qui en sortait, par l'eau chaude, l'air du renouvellement, les fuites thermiques à travers les parois. Ce bilan n'a pu être convenablement équilibré qu'en faisant intervenir le transfert de chaleur en régime variable, en particulier, en ce qui concerne les murs. En effet, lorsque l'on part d'un système isotherme au repos, c'est-à-dire le cas où les températures des parois et d'air intérieur et extérieur sont identiques, la capacité calorifique des parois joue un rôle assez important dans la mise en régime du tirage (cas sans conduit). Il est donc à prévoir que dans le cas de murs lourds ⁽¹⁾ (nous avons fait cette étude avec des murs légers), les temps de mise

en régime du tirage doivent être plus grands. Le temps de mise en régime des différents types de mur doit varier dans le rapport inverse des diffusivités : $a = \frac{\lambda}{\gamma}$.

L'importance de la capacité calorifique des murs a un rôle important dans le cas d'un système isotherme au départ (cas de l'été). Par contre, dans le cas d'une pièce chauffée et en régime permanent (cas de l'hiver) cette capacité calorifique des murs ne joue plus son rôle et la quantité de chaleur émise par l'appareil n'étant plus absorbée par les parois, contribue au contraire à accélérer le renouvellement d'air.

Puisqu'un chauffe-eau bien réglé installé dans une pièce suffisamment ventilée ne produit dans l'air de la pièce qu'une quantité négligeable de CO₂, la discussion portera sur les quantités de CO₂ contenues dans la pièce en fonction de la ventilation. Plusieurs cas peuvent être envisagés; nous avons vu que le cas de l'usage intermittent donne satisfaction, que le cas de la pièce raccordée à conduit de ventilation est excellent, que le cas d'une pièce munie simplement d'ouverture est bon dans le cas de l'hiver, puisque le régime thermique établi avant l'utilisation du chauffe-eau produit en dehors de celui-ci une ventilation naturelle qui est suffisante pour évacuer la plupart des produits de combustion. Reste à examiner le cas de l'été, l'écart de température entre intérieur et extérieur étant au départ à peu près nul.

Dans ce dernier cas les distributions des teneurs en CO₂ sont variables dans le temps et d'autre part la forme de cette distribution conduit à des différences de concentration en CO₂ importantes entre le haut et le bas de la pièce. A quelle hauteur dans la pièce, la teneur en CO₂ ne doit-elle pas dépasser la valeur prescrite?

Est-ce la teneur à une hauteur quelconque, ou bien doit-on considérer la concentration moyenne?

On peut même envisager le cas extrême d'un ventilateur situé dans la pièce, rendant la concentration en CO₂ dans la pièce à peu près homogène.

Cet essai n'a pas été fait, mais nous avons calculé par intégration des profils représentant les teneurs maximum de CO₂, la concentration moyenne de CO₂ dans la pièce.

Les résultats de ces calculs sont les suivants :

Dimension des ventilations dm ²	Concentration à 1,87 m %	Concentration moyenne %	Temps de fonctionnement correspondant en minutes
0	6,0	4,3	50
0,5	5,8	3,84	45
1	2,0	1,28	25
1,5	0,7	0,95	20

On s'aperçoit qu'à partir d'une certaine dimension des ventilations, la quantité moyenne de CO₂ dans le local devient plus importante que la quantité de CO₂ à 1,87 m. Cette évolution est très normale, puisque la partie haute de la pièce est plus chargée en CO₂, en particulier si l'orifice de sortie n'est pas situé au ras du plafond; dans nos essais la zone située au-dessus de l'orifice de ventilation était de 0,13 m.

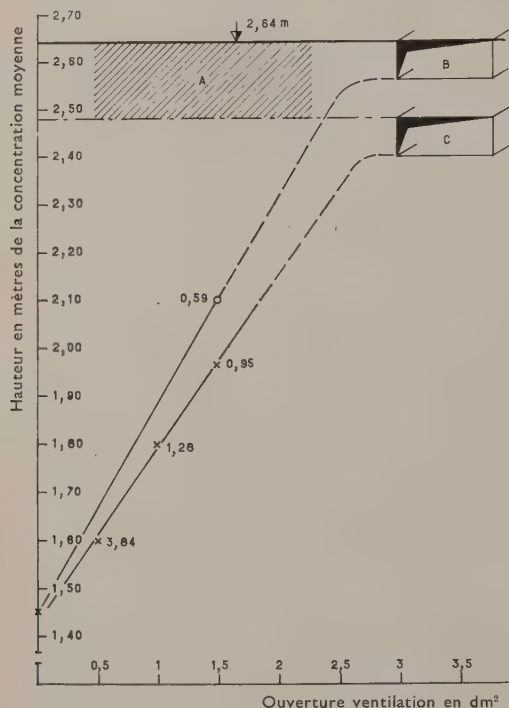
Il a paru intéressant de déterminer sur les profils des concentrations maximum en CO₂ dans la pièce, la hauteur

⁽¹⁾ Des essais en cours au Laboratoire du Gaz (la pièce est constituée par les murs du bâtiment), mettront peut-être ce point en évidence.

à laquelle se trouverait cette concentration moyenne correspondante :

Dimension des ventilations en dm ²	Hauteur de la concentration moyenne
0	1,45
0,5	1,6
1,0	1,8
1,5	1,96

En fonction de la ventilation, la hauteur de la teneur moyenne s'achemine linéairement vers l'orifice de sortie (fig. 18). Un essai complémentaire a été exécuté en plaçant l'orifice de sortie au ras du plafond. La teneur



A — Zone de forte concentration
B — Ouverture au ras du plafond
C — Ouverture à 0,13 m du plafond.
Nota — Les valeurs portées sur les courbes indiquent la teneur moyenne en CO₂ % à ce niveau.

FIG. 18.

moyenne varie de 0,95 % à 0,59 % et la hauteur de la concentration moyenne se trouve alors à 2,1 m.

Ces résultats ne laissent pas de doute sur l'importance de situer l'orifice de ventilation haut le plus près possible

du plafond afin de diminuer la zone de forte concentration en CO₂ (fig. 19).

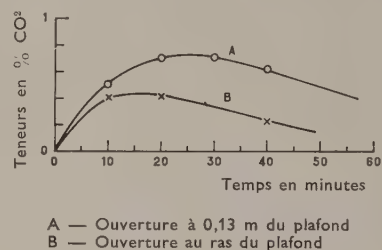


FIG. 19. — Teneurs en % CO₂ à 1,87 m de hauteur en fonction du temps.

Amélioration apportée par le déplacement vers le plafond de l'orifice de ventilation haute (S = 1,5 dm²).

De plus on notera que cet essai a été exécuté dans les conditions défavorables, représentant une mise en régime d'été.

Un autre paramètre mériterait d'être mis en évidence : la hauteur du local. Nos essais ont été exécutés dans un local de 2,64 m de haut ; il est certain que pour des hauteurs de local différentes, les distributions du CO₂ dans le local seront un peu modifiées et que pour un même niveau au-dessus du plancher les teneurs en CO₂ seront un peu plus fortes pour des pièces de hauteur plus faibles.

CONCLUSIONS

Le chauffe-eau de 125 mth/mn est par conception destiné à un usage intermittent. Les essais ont bien montré que l'appareil était bien conçu pour cet usage, et que l'utilisation intermittente était sans danger, si toutefois les ouvertures de ventilation étaient suffisantes, mais il est aussi évident que les utilisateurs ne sont pas par définition des personnes disciplinées ou instruites du danger qu'elles courent ; on pourra donc compter que l'utilisation intempestive sera des plus courantes. On doit par suite conclure que l'architecte et l'installateur se trouvent dans l'obligation de prévoir les carences des utilisateurs et de refuser l'installation de ces appareils dans des conditions de ventilation insuffisante d'une part et aussi lorsque les conditions d'emploi sont hors de proportion avec la conception de l'appareil. Les nouveaux règlements seront sans doute assez formels à ce sujet. Il faut en particulier prévoir des orifices de ventilation, de 1,5 dm² minimum, situés pour la partie haute au ras du plafond, l'appareil étant sur la même face que cet orifice et le plus près possible de celui-ci, afin d'éviter une trop grande diffusion des gaz dans la pièce. Chaque fois que cela sera possible, la ventilation haute de la pièce débouchera dans un conduit (1), en particulier lorsque la hauteur sous plafond sera plus faible que dans nos essais.

D'autre part, les essais concernant le chauffe-eau, dit « usagé », sont assez éloquentes — et ont suffisamment

(1) A propos de cette gaine : les craintes concernant la détérioration pour les gaz chauds ne sont pas justifiées. Les gaz à l'entrée de la gaine dans nos essais ne dépassent guère 45 à 50° C (l'appareil convenablement réglé bien entendu).

montré que l'entretien d'un appareil à gaz est *absolument* nécessaire — la décision du moment opportun pour le faire appartient malheureusement à l'utilisateur. Il y a, à cet endroit, une certaine éducation à faire, éducation qui sera sans doute fort délicate.

Il est certain que devant le grand nombre de chauffe-eau installés en France (peut-être deux millions à l'heure actuelle) la fréquence des accidents est extrêmement faible. Néanmoins la Chambre Syndicale des Entrepreneurs de Couverture-Plomberie considérant qu'aucun

accident ne devrait se produire, nous a confié ce problème.

Nous avons essayé de mener cette étude en examinant les points les plus essentiels; toutefois certains ne sont pas traités complètement, et l'étude se trouve aussi limitée au local de volume minimum.

Si parfois certaines données paraissent fondées sur des conditions un peu extrêmes (cas de l'été), elles ne semblent pas impossibles; ces conditions au demeurant pessimistes ont été motivées par le souci constant d'obtenir des moyens préventifs efficaces.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] *Leçons de Toxicologie*, par René FABRE (Hermann).
- [2] *L'oxyde de carbone et l'oxycarbonisme*, par V. RAYMOND, A. VALLAUD (I.N.S.).
- [3] *Cours de Thermique Industrielle*, par VÉRON (C.N.A.M.).

(Reproduction interdite.)

ÉDITÉ PAR LA DOCUMENTATION TECHNIQUE
DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS,
6, RUE PAUL-VALÉRY, PARIS-XVI^e.

(Ann. I. T. B. T. P.)

6565-10-59. Typ. FIRMIN-DIDOT et C^{ie}, Mesnil (Eure)
Dépôt légal : 4^e trim. 1959.

Le Directeur-Gérant : P. GUÉRIN.

OCTOBRE 1959

Douzième Année, N° 142

Série : THÉORIES ET MÉTHODES DE CALCUL (36)

CENTRE D'ÉTUDES SUPÉRIEURES. — SÉANCE DU 17 MARS 1959

SOUS LA PRÉSIDENCE DE **M. PÉRÈS**,
Doyen de la Faculté des Sciences, Membre de l'Institut

PLASTICITÉ ET FLUAGE

par **M. le Professeur G. COLONNETTI**,
de l'École Polytechnique de Turin, Membre correspondant de l'Institut

RÉSUMÉ

Après avoir rappelé la distinction classique entre les déformations élastiques et les déformations plastiques, l'auteur souligne combien cette distinction est peu conforme à la réalité : en fait, il y a interférence entre les déformations. Il admet que ces déformations sont des fonctions non seulement des valeurs actuelles des forces appliquées, mais de toutes les valeurs que ces forces auront atteint précédemment.

L'auteur rappelle la notion de « coefficient d'hérédité » f , introduite par Volterra, et, pour un corps homogène, il suppose f constant.

Il examine ensuite le cas d'un corps homogène soumis à des charges croissantes et décroissantes avec le temps. Il en donne une représentation géométrique dans l'espace, et en projetant sur un des plans de coordonnées, obtient des cycles d'hystérésis.

L'auteur utilise ensuite cette théorie, dans les limites où elle reste valable, pour l'étude de différents problèmes de l'équilibre élasto-plastique. Il l'applique :

- au cas de la flexion simple d'une poutre prismatique et homogène;
- aux cas plus complexes où les liaisons surabondantes rendent statiquement indéterminée la répartition des sollicitations sur les différentes sections;
- au cas plus général des corps hétérogènes.

SUMMARY

After reviewing the classical distinction between elastic and plastic deformations, the author emphasizes how little this distinction corresponds to reality. In point of fact, these types of deformations react upon each other. He admits that these deformations are functions not only of the actual values of the forces which are applied, but also of all the values which these forces have previously attained.

The author recalls the notion of a "heredity factor" f , introduced by Volterra and, in the case of a homogeneous body, assumes that f is constant.

He then examines the case of a homogeneous body subjected to loads creasing and decreasing with the time. He gives a geometrical representation in the space of this phenomenon and by projecting on one of the coordinate planes, obtains hysteretic cycles.

The author then utilises this theory within its applicable limits, for the study of different problems in elasto-plastic relationships. He applies it to:

- the case of simple bending of a homogeneous prismatic beam;
- more complex cases in which redundant connections make the distribution of stresses on the various sections of the body statically indeterminate.
- the more general case of heterogeneous bodies.

AVANT-PROPOS DU PRÉSIDENT

C'est un très grand honneur qui m'a été fait en me demandant de présider cette séance et je suis particulièrement heureux de vous présenter le Professeur Colonnetti, membre de l'Académie de Rome et Professeur de science et construction à l'École Polytechnique de Turin. Une présentation est bien inutile, car M. Colonnetti est bien connu dans les milieux scientifiques français. Vous savez qu'il est correspondant de notre Académie des Sciences, et il a déjà eu l'occasion de parler plusieurs fois à Paris, et même ici.

Je me rappelle très bien deux conférences qu'il a faites, le 8 et le 9 juin 1939 ; c'était à l'invitation de la Société Française des Mécaniciens, et cela s'est passé à la Sorbonne.

Une de ces conférences portait sur un théorème fondamental dans l'équilibre des systèmes statiques et la seconde sur le rôle de coaction élastique dans la technique de construction.

Comme vous le savez certainement, un ensemble très important de recherches du Professeur Colonnetti a porté sur ces problèmes d'équilibre de corps présentant ce qu'il a appelé des coactions élastiques, c'est-à-dire des déformations indépendantes de toute charge extérieure.

Il les a envisagées dans les cas les plus généraux, non seulement lorsqu'il s'agit de corps qui ne sont pas simplement connexes, comme les distorsions de Volterra, mais quand il s'agit d'effets de température, de coactions dues à des effets de température et aussi, ce qui est peut-être le cas le plus important, de coactions dues à l'intervention dans le système de déformations plastiques.

Je dois rappeler que l'ensemble de ces travaux est exposé dans de très beaux manuels de science des constructions, dont les premiers tomes sont à leur troisième édition.

Et en particulier le Professeur Colonnetti a étendu aux cas les plus complexes d'équilibre élasto-plastique des théorèmes de réciprocité auxquels sont liés les noms de Betsis, de Volterra, et il en tire des méthodes extrêmement simples et précises pour l'application.

Le dernier volume de son traité, qui a paru en 1957, m'a particulièrement intéressé, parce qu'il va au-delà des applications proprement mathématiques. Il s'agit de cette question qui est si actuelle des voûtes minces, et qui permet des constructions tout à fait remarquables. Il indique à la fin du volume comment on peut espérer prévoir traiter les problèmes d'équilibre relatifs à des constructions qui utilisent ces voûtes, en utilisant les mêmes théorèmes de réciprocité mais en demandant des données à des mesures précises faites sur des modèles.

La conférence d'aujourd'hui porte sur des sujets un peu différents, mais c'est tout de même un prolongement de ces études que le Professeur Colonnetti poursuit depuis si longtemps, et je me garderai d'en parler avant lui.

EXPOSÉ DE M. LE PROFESSEUR G. COLONNETTI

Dans l'étude des déformations très petites des corps naturels nous avons l'habitude de distinguer les déformations élastiques (qui disparaissent en même temps que les forces qui les ont produites) des déformations plastiques qui subsistent même après que ces forces ont cessé d'agir.

Mais la distinction n'est pas, en réalité, si nette que l'on pourrait croire.

En effet les déformations des corps naturels ne sont pas fonction des seules forces appliquées, mais aussi du temps, et plus précisément de la durée d'action de ces forces.

A côté des déformations qui se produisent immédiatement, c'est-à-dire au moment même de l'application des forces, il y en a d'autres qui interviennent dans la suite, si les forces restent en action pendant un certain temps.

Et à côté des déformations qui disparaissent immédiatement après la disparition des forces, il y en a d'autres qui disparaissent seulement avec le temps.

Une complication ultérieure intervient si l'application de la disparition des forces ne sont pas instantanées, mais progressives, c'est-à-dire s'il faut un certain temps pour que les forces passent de zéro à leur valeur finale, et de cette valeur à zéro.

La distinction entre déformations élastiques et déformations plastiques n'est plus alors qu'une distinction conventionnelle (qui peut être très utile en pratique car elle permet une schématisation des phénomènes et une simplification des calculs) mais qui est, dans la plupart des cas, très éloignée de la réalité.

Une schématisation plus conforme aux faits ne peut être obtenue qu'en admettant que les déformations sont des fonctions, non seulement des valeurs instantanées des forces appliquées, mais aussi de toutes les valeurs que ces forces ont atteint précédemment⁽¹⁾.

C'est dire que chaque caractéristique de la déformation, à un instant donné, pourra s'exprimer par une fonction

$$F | [\varepsilon^T(t)] | \quad (1)$$

du genre de celle que M. Vito Volterra avait choisie dans sa théorie des phénomènes héréditaires⁽²⁾, pour représenter les grandeurs qui dépendent de toutes les valeurs qu'une fonction $\varepsilon(t)$ peut prendre dans l'intervalle de temps $(0, T)$.

Nous admettrons que (certaines conditions étant satisfaites) la fonction F peut être développée en une série analogue à celle de Taylor, et que dans cette série les termes d'ordre supérieur au premier sont négligeables.

C'est ce que Volterra a appelé l'hérédité linéaire.

Si l'on choisit comme origine des temps l'instant où se situe la première application des forces extérieures, et si l'on suppose qu'à cet instant, chaque élément du corps est dans son état naturel non déformé, une quelconque des caractéristiques de la déformation à l'instant T pourra s'exprimer comme la somme de deux termes :

La *déformation élastique* — fonction linéaire de l'état de tension — qui, dans le cas des sollicitations simples (traction, compression, flexion ou torsion) auxquelles nous nous bornerons dans la suite, sera proportionnelle à la correspondante caractéristique de l'état de tension.

$$\varepsilon(T) = \frac{1}{E} \sigma(T) \quad (2)$$

et la *déformation plastique*

$$\bar{\varepsilon}(T) = \int_0^T \varepsilon(t) f(t) dt \quad (3)$$

où la fonction $f(t)$ représente ce que Volterra appelait d'une manière générale le « coefficient d'hérédité ».

Voici en tout cas son interprétation physique : $f(t) dt$ est le rapport entre la déformation plastique qui s'est produite dans l'intervalle de temps $t, t + dt$ et la déformation élastique correspondante.

On pourrait aussi bien dire que $f(t) dt$ mesure la déformation plastique qui se serait produite dans ce même intervalle de temps en présence d'une déformation élastique unitaire.

Les variations de la fonction $f(t)$ traduisent analytiquement les variations des caractéristiques physiques que les corps naturels subissent en se déformant, et qui sont généralement connues sous le nom d'écroutissage.

Ce sont des phénomènes notoirement liés à l'hétérogénéité de la matière; on peut donc raisonnablement les supposer négligeables dans les corps parfaitement homogènes.

Dans les autres cas il n'y a pas de doute que l'écroutissage interviendra; une théorie qui en néglige les conséquences ne sera donc applicable que dans des limites de temps très restreintes.

C'est avec ces réserves, et les limitations qui s'ensuivent, que nous supposons dans l'expression de la déformation plastique

$$f = \text{constante} \quad (4)$$

* *

⁽¹⁾ G. COLONNETTI. *L'équilibre des corps déformables*, Ed. Dunod, Paris 1955.

⁽²⁾ « Acta mathematica » 35 pp. 295-356.

que l'on s'efforce de réaliser dans les essais de résistance des matériaux et dans les essais de charge des constructions.

Cela veut dire que l'on suppose

$$\varepsilon(t) = ct \quad (c = \text{constante}). \quad (5)$$

En vertu de ces deux hypothèses la fonction représentative de la déformation plastique, à l'instant T, peut être immédiatement intégrée

$$\bar{\varepsilon}(T) = cf \int_0^T t dt = cf \frac{T^2}{2} \quad (6)$$

$$= \frac{f}{2} T\varepsilon(T) \quad (6')$$

$$= \frac{f}{2c} \varepsilon^2(T). \quad (6'')$$

Sous cette dernière forme la fonction se réduit à un simple rapport de proportionnalité entre la déformation plastique et le carré de la déformation élastique qu'elle accompagne; rapport que nous écrirons dorénavant :

$$\bar{\varepsilon} = k\varepsilon^2 \quad \left(k = \frac{f}{2c}\right). \quad (7)$$

ε et $\bar{\varepsilon}$ étant respectivement les déformations élastiques et les déformations plastiques qui, à l'instant T, coexistent dans un élément quelconque du corps soumis à une sollicitation extérieure croissant linéairement avec le temps.

Il est bon de donner de ce phénomène une représentation géométrique.

Soient σ , ε , t trois axes de coordonnées sur lesquels nous représenterons respectivement les contraintes, les déformations et les temps.

Selon la formule (6'), pour chaque valeur T de la variable temps, la déformation plastique doit être proportionnelle à la déformation élastique, et donc à la contrainte; tandis que, pour une valeur donnée de la contrainte, et donc de la déformation élastique, la déformation plastique doit varier proportionnellement au temps.

Parmi les lignes représentatives du phénomène on devra donc avoir deux systèmes de droites; les unes parallèles au plan $\sigma\varepsilon$ et s'appuyant sur l'axe des temps (cas limite de la sollicitation identiquement nulle); les autres parallèles au plan εt et s'appuyant sur la droite qui, dans le plan $\sigma\varepsilon$, représente la loi de Hooke (cas limite de la sollicitation appliquée instantanément).

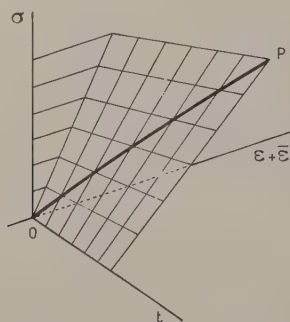


Fig. 1.

La surface représentative sera donc un parabolôïde hyperbolique (fig. 1) sur lequel chaque essai sera représenté par une ligne OP partant de l'origine.

La projection de cette ligne sur le plan $\sigma\varepsilon$ (fig. 2) est une parabole, tangente en O à la droite qui traduit la loi de Hooke. Cette parabole se prête bien à l'interprétation des résultats des essais à la traction ou à la compression des matériaux homogènes, comme le cuivre électrolytique (1).

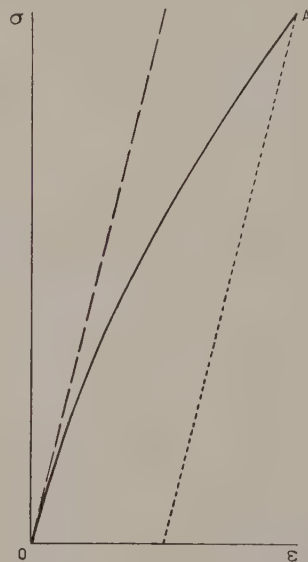


Fig. 2.

Supposons à présent que, à un certain moment, le sens de variation de la sollicitation extérieure change brusquement; c'est-à-dire que les charges cessent de s'accroître et se mettent à décroître.

Si le retour au zéro pouvait se faire instantanément, seule la déformation élastique s'annulerait; et le point représentatif tracerait, dans notre diagramme, la droite pointillée parallèle à la tangente initiale.

Mais nous voulons admettre que la diminution de la sollicitation, et donc de la déformation élastique, se fait avec la même vitesse réalisée dans la précédente période d'accroissement.

L'expérience révèle alors que ce ne sont pas seulement les déformations élastiques qui disparaissent, mais aussi une partie des déformations plastiques; le point représentatif s'éloigne de la parallèle à la tangente initiale pour tracer une ligne dont la courbure, plus ou moins marquée, sera en tout cas opposée à celle de la ligne ascendante.

Pour obtenir une allure de la ligne descendante qui se rapproche de celle qu'on obtient expérimentalement, on est conduit à admettre qu'à partir de l'instant de l'inversion de la sollicitation, la déformation élastique négative qui se produit, est accompagnée par une déformation plastique, négative elle aussi, qui — par rapport à de nouveaux axes convenablement choisis : origine en A

(1) Rend. Acc. Lincei, Roma, 5, 23 (1914).

directions opposées aux précédentes (fig. 3) — puisse s'exprimer sous une forme analogue à celle adoptée dans le cas des sollicitations croissantes

$$\bar{\epsilon}' = k' \epsilon'^2. \quad (8)$$

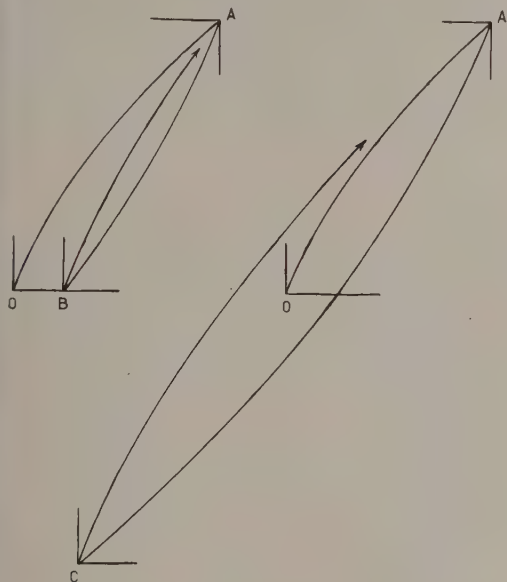


Fig. 3. et 4.

étant une nouvelle constante représentative de l'aptitude du matériau à restituer une partie des déformations plastiques; constante dont la valeur devra en conséquence être comprise entre zéro et k .

Si, la décharge terminée, la charge recommence à croître (toujours avec la même vitesse) la réapparition des déformations plastiques est immédiate, et il suffit — après un nouveau changement d'axes : origine en B et directions initiales — d'attribuer au coefficient de proportionnalité la même valeur k' pour obtenir des cycles d'hystérésis fermés (fig. 3) tout à fait semblables à ceux qu'on obtient expérimentalement.

Si, au contraire, on prolonge la décroissance des charges au-delà du zéro, en introduisant des contraintes négatives qu'on fera croître jusqu'à la même valeur absolue atteinte dans le domaine des contraintes positives, le diagramme prendra l'allure indiquée dans la figure 4.

Et, cette fois, l'expérience nous offre une donnée précieuse : c'est la symétrie, par rapport à l'origine, des deux sommets extrêmes du cycle bilatéral; symétrie qui se vérifie toujours, quel que soit le matériau soumis à l'expérience, quelle que soit la vitesse (constante) de variation des charges.

Or la théorie se prête immédiatement à interpréter ce résultat : il suffit d'imposer que, pour $\epsilon' = 2 \epsilon$, on ait $\bar{\epsilon}' = 2 \bar{\epsilon}$ ce qui arrive seulement si

$$k' = \frac{1}{2} k. \quad (9)$$

C'est-à-dire qu'une moitié seulement de la déformation plastique disparaît, tandis que l'autre moitié maintient

son caractère de permanence, et cela quelle que soit la vitesse de variation des charges, à la seule condition que cette vitesse reste la même pendant toute la durée de l'expérience.

Cette conclusion est loin d'être inattendue; elle était au contraire en quelque sorte prévue dans la plupart des expériences dont nous disposons.

Déjà en 1915, dans une étude systématique de l'hystérésis du cuivre⁽¹⁾, j'avais personnellement relevé des cycles bilatéraux dont la forme et les dimensions sont pleinement justifiées par les considérations que nous venons d'exposer, les valeurs de k'/k étant toujours comprises entre 0,49 et 0,51.

Ces expériences ont été reprises tout récemment dans l'Institut Dynamométrique de Turin avec de nouveaux types d'extensomètres enregistreurs de la plus haute précision, et l'accord avec la théorie a été constamment confirmé.

*
*
*

A cette occasion un problème d'importance fondamentale s'est posé : celui du choix de l'état du corps auquel rapporter la mesure des déformations. Cet état doit en effet satisfaire à certaines conditions : la principale parmi toutes est la possibilité de le retrouver — c'est-à-dire d'y ramener le matériau soumis aux essais — toutes les fois qu'on aura intérêt à répéter une expérience, à contrôler un résultat.

Poser cette condition c'est exclure d'emblée l'idée — qui pourrait se présenter spontanément — de rapporter les mesures des déformations à l'état initial, c'est-à-dire à l'état à partir duquel nos expériences ont commencé.

Cet état dépend en effet de tous les traitements, tant thermiques que mécaniques, que la matière a subi avant d'arriver dans nos mains, traitements qui nous sont généralement inconnus, et qu'en tout cas il serait bien difficile de reproduire.

On est ainsi conduit à envisager la possibilité d'annuler une fois pour toutes les conséquences de ces traitements en soumettant le matériau à un recuit très prolongé suivi par un refroidissement lent et uniforme.

Mais, en plus de la difficulté du choix de la température à atteindre et de la presque impossibilité de bien définir la loi du refroidissement, l'état qu'on réalise de cette manière sera toujours très éloigné des états, plus ou moins écrouis, qu'on utilise dans la pratique technique. Il ne se prête donc pas à être employé dans l'étude des phénomènes qui caractérisent l'équilibre élastoplastique dans les constructions.

A ce point de vue il est préférable de soumettre l'échantillon destiné aux essais à des déformations du genre de celles que le matériau est appelé à supporter, et d'y réaliser l'accommodation des cycles; puis de le soumettre ensuite à des sollicitations alternatives décroissantes.

Ce procédé (qu'un physicien italien de la fin du siècle passé, M. Cantone, avait systématiquement utilisé dans ses recherches sur la torsion des fils⁽²⁾, et que j'ai introduit, je crois pour la première fois, dans la technique des essais à la traction et à la compression⁽³⁾) conduit à un état bien défini, parfaitement stable, et qui peut être reproduit à volonté. C'est d'ailleurs un état qui peut à bon

⁽¹⁾ Rend. Acc. Lincei, Roma, 5, 24 (1915).

⁽²⁾ Rend. Acc. Lincei, Roma, 5, 2 (1893).

⁽³⁾ Rend. Acc. Lincei, Roma, 5, 23 (1914).

droit être défini comme un « état neutre » parce que, sous l'action de sollicitations égales et de signes contraires, le matériau présente des déformations égales et de signes contraires.

À l'appui de ce que nous venons de dire, nous avons reproduit ici les enregistrements des déformations d'une barre de cuivre de 16 mm de diamètre (sur une longueur utile de 50 mm) soumise, après recuit, à des sollicitations variant linéairement dans le temps (à raison de 10 kg/s) de zéro à 500 kg et puis périodiquement entre + 500 et - 500 (fig. 5).

Dans les figures 6 et 7 sont enregistrées les déformations dues à des sollicitations alternatives décroissantes et celles qu'on obtient en partant de l'état neutre ainsi réalisé.

Les deux courbes caractéristiques de la première déformation (à partir de l'état neutre) et de l'inversion de la charge sont représentées dans la figure 8 par les deux courbes en trait plein.

Les droites en trait mixte sont les tangentes initiales à ces courbes; ε et ε' sont les déformations élastiques; ε_0 est la fraction de la déformation plastique ε qui reste après la disparition des charges.

Les relations entre déformations élastiques et déformations plastiques (et entre les valeurs des coefficients k et k') telles qu'ils découlent de la théorie de Volterra ont trouvé dans ces expériences une nouvelle et satisfaisante confirmation.

C'est dire que ces relations peuvent être utilisées pour représenter le comportement des corps naturels toutes

les fois que sont réalisées les conditions que, dès le commencement, nous avons explicitement postulées.

Des réserves doivent être faites au contraire au sujet de la forme de la fonction k et plus précisément de sa dépendance de la vitesse c de variation de la sollicitation.

L'expérience montre en effet que k décroît effectivement quand la vitesse c croît, mais non selon la loi de proportionnalité inverse qui résulterait de la formule (7).

Mais cette formule a été tirée de l'hypothèse de la constance du coefficient d'hérédité f et nous avons déjà dit que la théorie cesse d'être applicable lorsque cette constance n'est pas vérifiée.

* * *

Dans les limites où, en l'absence de tout phénomène d'écroutissage, la théorie interprète bien les phénomènes réels, certaines conséquences peuvent être énoncées qui pourront servir à la détermination des limites d'applicabilité aux différents matériaux.

Considérons par exemple les caractéristiques géométriques ou « de forme » des cycles bilatéraux stabilisés, et plus précisément :

l'inclinaison moyenne qui est en rapport immédiat avec la valeur moyenne du module d'élasticité; et

la surface du cycle qui mesure le travail mécanique dispersé par hystérésis.

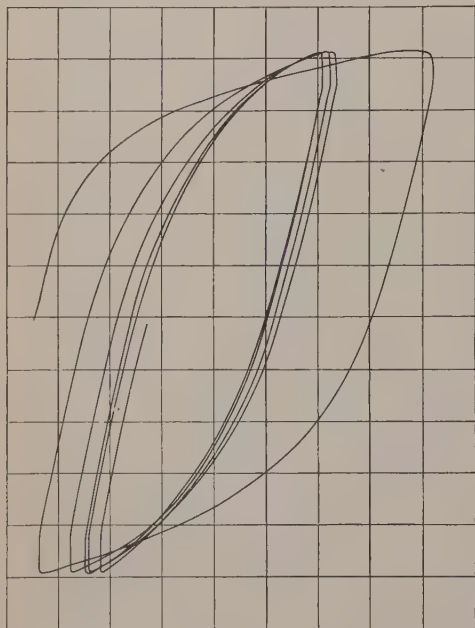


FIG. 5.

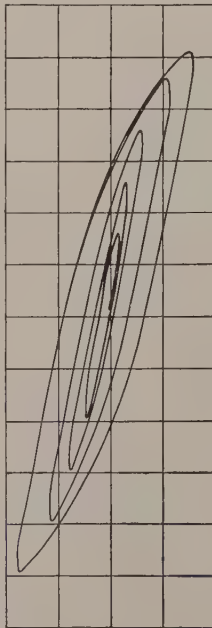


FIG. 6.

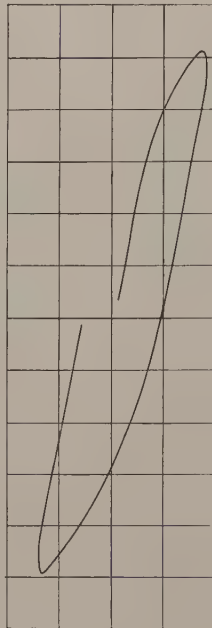


FIG. 7.

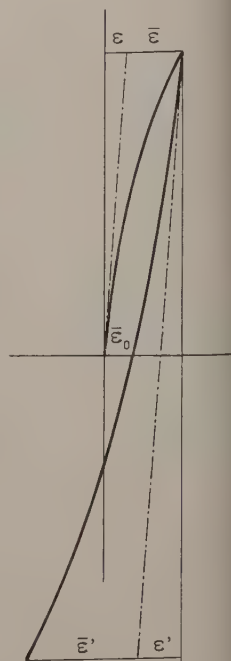


FIG. 8.

ompte tenu de l'équation

$$\varepsilon = k\varepsilon^2 \quad (7)$$

la courbe sur laquelle sont placés les sommets des bilatéraux stabilisés, l'inclinaison I/E d'une corde bilconque (fig. 9) et donc du cycle correspondant (fig. 10) pourra toujours s'exprimer, en fonction de l'inclinaison I/E_0 de la tangente initiale, sous la forme

$$\frac{1}{E} = \frac{\varepsilon + \bar{\varepsilon}}{\sigma} = \frac{\varepsilon + k\varepsilon^2}{\sigma} = \frac{1}{E_0} + \frac{k}{E_0^2} \sigma. \quad (10)$$

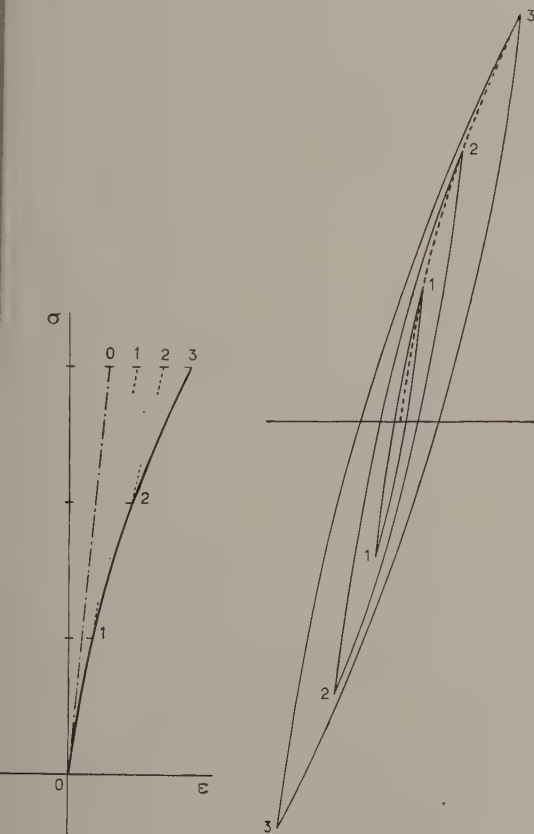


FIG. 9.

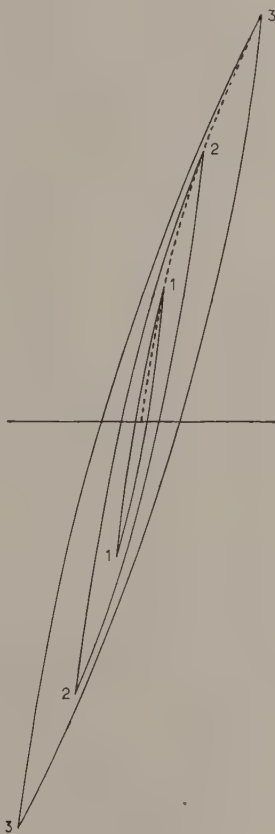


FIG. 10.

l'inclinaison moyenne est donc une fonction linéaire de l'ampleur σ du cycle.

Quant à l'autre caractéristique (la surface du cycle bilatéral stabilisé) on peut immédiatement l'évaluer en considérant que le parallélogramme circonscrit au cycle (fig. 11) ayant pour dimensions orthogonales l'ampleur du cycle et la déformation plastique

$$\bar{\varepsilon}' = k'\varepsilon'^2 = \frac{k'}{E_0^2} \sigma^2 \quad (8)$$

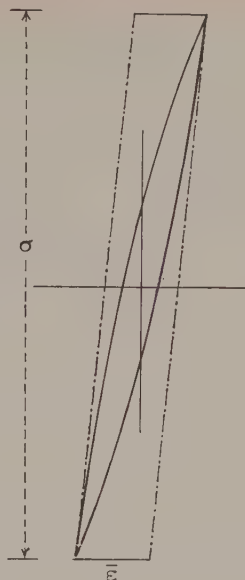


FIG. 11.

est divisé en trois parties égales par les deux paraboles dont le cycle est formé.

La surface du cycle

$$A = \frac{1}{3} \frac{k'}{E_0^2} \sigma^3 \quad (11)$$

devra donc croître proportionnellement au cube de l'ampleur σ .

Ces deux résultats se prêtent bien à la vérification par l'expérience.

Toutes les fois que, au-delà d'une certaine amplitude du cycle, l'expérience révélera un désaccord avec la théorie, on en déduira l'intervention de phénomènes d'écrouissage ce qui entraîne une variation du coefficient d'hérédité ⁽¹⁾. La théorie aura cessé d'être applicable.

Dans les limites où la théorie est valable, elle peut être utilisée dans l'étude des différents problèmes de l'équilibre élastoplastique.

Prenons en considération, parmi ces problèmes, celui qui est évidemment le plus simple et, en même temps, le plus instructif : c'est le cas de la flexion simple d'une poutre prismatique et homogène.

L'équation

$$\varepsilon + \bar{\varepsilon} = \mu y \quad (12)$$

dans laquelle nous traduisons la loi de la conservation des sections planes, pour ⁽²⁾

⁽¹⁾ Cf. p. 1076.

⁽²⁾ On pourrait évidemment douter de la légitimité de cette hypothèse, étant donné que k est une fonction de la vitesse c qui est à son tour fonction de y et donc variable d'un point à l'autre de la section.

Mais à la suite des réserves que nous venons de faire à propos de la loi qui lie k à c , et des variations du coefficient f qui vraisemblablement interviennent là où la vitesse c est plus grande (suite de la note page 1082)

$$\bar{\varepsilon} = k\varepsilon^2$$

devient

$$k\varepsilon^2 + \varepsilon - \mu y = 0. \quad (13)$$

Résolue par rapport à ε cette équation nous révèle immédiatement la loi de distribution des déformations élastiques (et donc aussi des contraintes) sur chaque section droite de la poutre.

Cette loi est graphiquement représentée par la courbe tracée dans la figure 12 (*); courbe composée de deux arcs de parabole dont les axes sont parallèles à y et les sommets se trouvent aux points de coordonnées

$$x = \mp \frac{1}{2k} \quad y = \mp \frac{1}{4\mu k}.$$

On en déduit :

1° Que, contrairement à ce qu'on croit généralement, l'apparition des déformations plastiques est immédiate; c'est dire que celles-ci se manifestent sous l'action des sollicitations, même les plus petites, en même temps que les déformations élastiques.

2° Que, à la suite de cette apparition, on aura non seulement un accroissement de la courbure totale, mais aussi une modification substantielle de la loi de distribution des déformations élastiques et des tensions, dans chaque section droite de la poutre; loi qui ne sera plus linéaire.

3° Que déformations et tensions en un point quelconque de la section dépendront, non seulement de la courbure totale, mais aussi des valeurs que les déformations plastiques auront atteintes au point considéré.

4° Que le diagramme des tensions, rapporté à celui qui aurait caractérisé le régime de parfaite élasticité

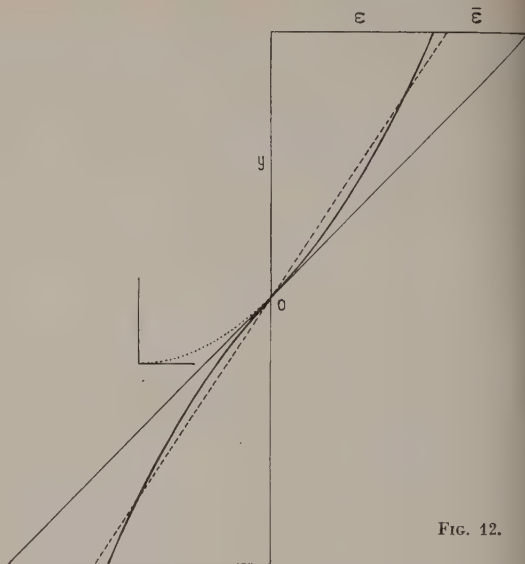


FIG. 12.

(représenté dans la figure 12 par la droite pointillée) présente toujours, même pour les faibles charges, une réduction des valeurs là où en régime élastique le matériau aurait été soumis aux tensions les plus élevées, et un accroissement des valeurs là où en régime élastique la résistance du matériau aurait été moins utilisée.

5° Qu'en conséquence un état de coaction se détermine toujours, même sous l'action des sollicitations les

(et où les déformations plastiques atteintes sont également plus grandes) nous jugeons que l'hypothèse

$$\varepsilon = k\varepsilon^2$$

est celle qui se prête mieux à représenter la réalité des faits.

Voir à ce sujet ma note sur *La relaxation et l'écroutissage* en cours de publication dans les Comptes Rendus de l'Académie des Sciences.

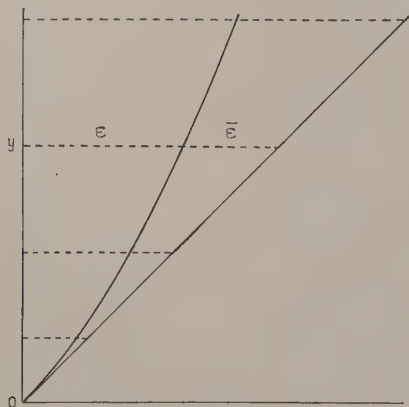


FIG. 13.

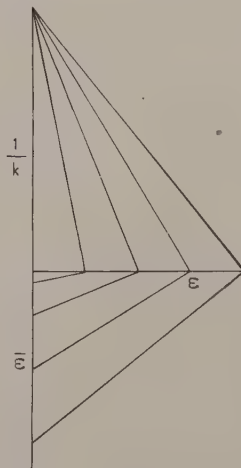


FIG. 14.

Dans cette note, en partant de l'hypothèse que le coefficient d'hérédité est une fonction de l'état de déformation, et qu'on peut l'écrire sous la forme

$$f(t) = a_2 \varepsilon(t)$$

on arrive à une expression de la déformation plastique à l'instant final T du type

$$\bar{\varepsilon} = \frac{a_2 T}{3} \varepsilon^2$$

où le coefficient $\frac{a_2 T}{3}$, indépendant de la vitesse c , aura la même valeur dans tous les points de la section droite de la poutre.

(*) Cette courbe peut être construite point par point d'une manière très simple. Dans ce but on traduira dans une succession de triangles rectangles la relation (7).]

A chaque valeur de ε correspond dans la figure 13 une valeur de $\bar{\varepsilon}$, et donc une valeur de $\varepsilon + \bar{\varepsilon}$; d'où, selon la (12), une valeur de y et par suite un point de la courbe (fig. 14).

faibles; et que à cause de cet état le retour de la tige à sa configuration initiale, non déformée, ne sera possible en aucun cas.

Un état de coaction peut être immédiatement caractérisé en rapportant le diagramme des déformations élastiques de la figure 12 à la droite pointillée dont nous avons parlé tout à l'heure.

Le diagramme a été reproduit à part dans la figure 15. Il pourrait être interprété comme la représentation de l'état de coaction de la poutre déchargée si l'élimination des charges pouvait se faire instantanément, et déterminer la disparition des seules déformations élastiques.



FIG. 15.

Si au contraire l'élimination des charges se fait graduellement (par exemple à la même vitesse que celle avec laquelle les charges avaient été appliquées) une partie (par exemple la moitié) des déformations plastiques devra en même temps disparaître.

Le diagramme de la figure 15 restera valable pourvu qu'on le rapporte à une unité de mesure double de la précédente.

Encore une fois la parole est à l'expérience, qui, disposant d'instruments de mesure de la plus haute précision, pourrait nous dire jusqu'à quel point l'hypothèse que nous avons adoptée et les conséquences que nous venons d'en déduire sont conformes aux faits.

Si au lieu du cas particulièrement simple de la poutre fléchie (dans laquelle la sollicitation dans chaque section est connue et l'indétermination statique est limitée à la détermination des contraintes sur la section) on se trouvait en considération les cas plus complexes où des sections surabondantes rendent statiquement indéterminée la répartition même des sollicitations sur les différentes sections, l'intervention immédiate des déformations plastiques donnerait lieu à des complications considérables et à d'importantes difficultés de calcul.

Et il serait difficile de méconnaître les avantages de l'hypothèse de l'action instantanée des charges et de la

discrimination des déformations plastiques en deux catégories traditionnelles : celles qui se produisent instantanément (c'est-à-dire au moment même de l'application des charges) là où la sollicitation tend à dépasser la limite élastique du matériau; et celles qui se produisent seulement après, sous l'action prolongée de la sollicitation, même si celle-ci est inférieure à la limite élastique.

Ces avantages sont :

1° Possibilité d'étudier les effets des déformations élastiques immédiates en partant de l'hypothèse du passage instantané du régime de la parfaite élasticité à celui de la parfaite plasticité.

2° Possibilité d'appliquer à l'étude des effets de la plasticité « successive » (fluage) le principe de la superposition, au moins dans le cas des corps isotropes et homogènes (1).

En effet dans ce cas des corps isotropes et homogènes les déformations plastiques « successives » faisant suite à l'application des charges (c'est-à-dire : dues seulement au prolongement de leur action dans le temps) se manifesteraient sous la forme d'un simple accroissement proportionnel des déformations élastiques déterminées par les forces extérieures.

Ceci dit il ne faut pourtant pas oublier (si l'on veut se faire une idée du degré d'approximation qu'on peut atteindre avec les procédés traditionnels) que cette distinction si commode entre déformations plastiques immédiates et déformations plastiques « successives » (c'est-à-dire entre plasticité et fluage) est purement conventionnelle, non moins que la distinction entre déformations plastiques et déformations élastiques; et que, en réalité, toute déformation élastique, si petite soit-elle, est toujours accompagnée par une déformation permanente, et détermine toujours la naissance d'un état de coaction dont l'influence sur la distribution des contraintes peut être plus ou moins grande, mais n'est pas, dans la plupart des cas, négligeable.

Ce n'est d'ailleurs pas seulement dans le cas particulier des corps isotropes et homogènes que la nouvelle théorie conduit à des résultats qui peuvent intéresser la technique.

On peut dire aussi qu'elle intervient dans le cas plus général des corps hétérogènes, c'est-à-dire dans le cas des corps où coexistent des éléments matériels caractérisés par des valeurs différentes du coefficient d'hérédité f et par conséquent de

$$k = \frac{f}{2c}.$$

Supposons, pour fixer les idées, que à l'intérieur de l'espace V occupé par le corps soit définie une portion V_1 caractérisée par une valeur k_1 différente de la valeur k qui caractérise toute la partie restante $V - V_1$ du corps.

Deux cas peuvent alors se présenter.

Si l'espace V_1 est librement dilatable (au moins par rapport à certaines catégories bien déterminées de déformations) de manière que certaines déformations des éléments matériels qui le composent puissent être réalisées en l'absence de toute déformation des éléments qui appartiennent à la partie restante $V - V_1$ du corps, il n'y aura pas de réaction d'une partie du corps sur l'autre.

Voilà un exemple, choisi encore une fois dans le domaine des poutres fléchies : dans une poutre statiquement déter-

(1) Comptes rendus, t. 233 (1951) pp. 503, 644, 677, 717.

minée soit V_1 la portion comprise entre deux sections droites quelconques. Pas de doute qu'une flexion de cette portion de la poutre déterminera des déplacements rigides des autres parties du corps sans modifier en aucune manière leur régime statique et sans rencontrer aucune résistance de leur part.

Dans la figure 16 nous avons comparé ce qui se passe aux bords de deux sections d'une telle poutre, fléchie sous l'action de charges d'intensité croissant linéairement avec le temps.

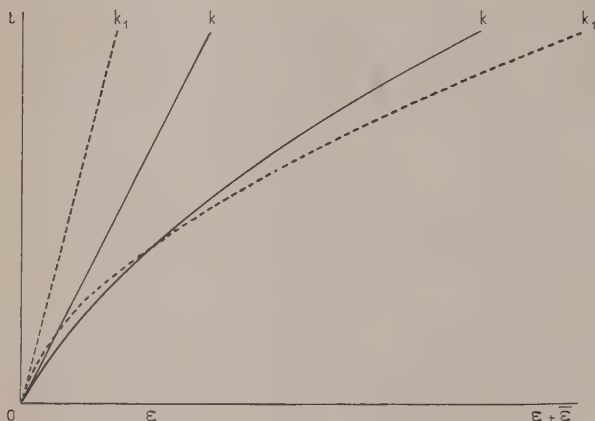


FIG. 16.

La droite et la courbe en trait plein représentent respectivement les lois de variation dans le temps de la déformation élastique ε et de la déformation totale $\varepsilon + \bar{\varepsilon}$ sur le bord de la section la plus sollicitée, qu'on suppose appartenir à la portion de la poutre où le coefficient est k .

La droite et la courbe pointillées représentent au contraire les lois de variation des mêmes déformations sur le bord d'une section moins sollicitée (parce qu'elle est soumise à un moment fléchissant plus petit, ou bien parce qu'elle possède un plus grand moment résistant) mais qui appartient à la portion de la poutre caractérisée par une valeur k_1 plus grande que k .

On remarquera tout de suite que les déformations totales dans cette dernière section se maintiennent inférieures à celles de la section plus sollicitée pendant un certain temps; puis elles commencent à croître, avec le temps, toujours plus rapidement et parviennent bientôt à les égaler et, par la suite, à les dépasser définitivement.

Une localisation de déformations plastiques vient ainsi à se produire dans les sections de la poutre où k a les valeurs les plus élevées. C'est en conséquence dans ces sections, moins sollicitées mais plastiquement plus déformables, que pourra en définitive se produire la rupture de la poutre.

Et puisque la disproportion dans les déformations plastiques déterminées par le manque d'homogénéité du matériau continuera nécessairement à subsister même après la disparition des charges, on peut prévoir qu'une étude expérimentale des courbures, soit sous l'action des charges, soit sur poutre déchargée, pourrait mettre en évidence les défauts d'homogénéité et permettre des prévisions raisonnables au sujet des dangers de rupture.

Il n'en sera pas de même si les deux portions V_1 et $V - V_1$ du corps ne sont pas librement dilatables, de

sorte que chaque déformation des éléments appartenant à l'une ne corresponde pas nécessairement à une déformation simultanée des éléments appartenant à l'autre, et ne puisse donc être réalisée sans donner naissance à un système de contraintes.

Les éléments de la portion de la poutre plastiquement plus déformable (c'est-à-dire caractérisée par une plus grande valeur de k) devront en effet contraindre les éléments plastiquement moins déformables de la partie restante de la poutre à se déformer élastiquement de manière à satisfaire aux conditions de congruence.

On aura ainsi un accroissement des déformations élastiques (et donc des contraintes) des éléments moins déformés plastiquement, et une diminution des déformations élastiques (et donc des contraintes) des éléments plastiquement plus déformés.

Voilà encore un exemple : dans une poutre fléchie, statiquement déterminée, soit V_1 la portion délimitée par un certain nombre de surfaces cylindriques orientées parallèlement à l'axe de la poutre. C'est le cas typique des poutres en béton armé.

Les deux diagrammes de déformations, sous charge et après décharge, ont été tracés sur les figures 17 et 18 dans l'hypothèse où la déformabilité du béton est dix fois plus grande que celle des armatures métalliques.

C'est une hypothèse tout à fait arbitraire, suggérée par le désir de simplifier les choses et de rendre les résultats plus facilement comparables à ceux qu'on avait obtenus dans le cas de la poutre homogène (fig. 12 et 15).

Les diagrammes n'ont naturellement qu'une valeur démonstrative; mais on y voit très nettement l'influence que l'hétérogénéité des matériaux exerce sur la formation des états de coaction.

On y voit en particulier jusqu'à quel point l'hétérogénéité peut accentuer le phénomène du transfert des contraintes des régions plus sollicitées à celles qui présentent les plus larges marges de sécurité; phénomène dont les ingénieurs ont désormais appris à se servir quand ils veulent rendre leurs constructions plus rationnelles et en même temps plus économiques.

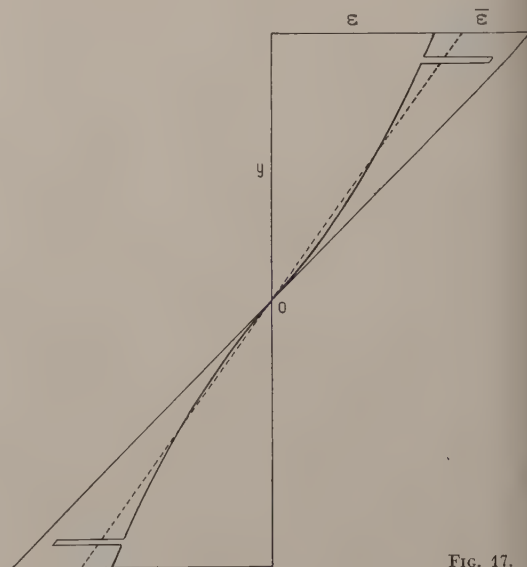


FIG. 17.



FIG. 18.

* *

Dans tout ce que je viens de dire, j'ai supposé qu'à l'origine des temps, c'est-à-dire au moment de la première application des charges, chaque élément du corps trouvait dans son état naturel non déformé; en d'autres termes : que dans le corps n'existait aucun état de action.

Je voudrais, avant de conclure ce bref exposé, prendre en considération ce qu'on pourrait appeler le problème complémentaire; c'est-à-dire l'étude des états de coaction qui peuvent exister dans le même corps en l'absence de toute force extérieure.

On sait que, quelle que soit leur origine physique, ces états de coaction peuvent toujours être considérés comme le résultat de l'intervention de certaines « déformations imposées ».

Nous supposons que cette intervention de déformations imposées se produit progressivement, et plus exactement qu'elles varient, croissant ou décroissant, linéairement dans le temps. C'est dire que, dans un point quelconque du corps et en un instant t quelconque, la déformation totale (somme, en tout cas, d'une déformation élastique ε et d'une déformation plastique $\bar{\varepsilon}$) pourra toujours s'exprimer sous la forme :

$$\varepsilon + \bar{\varepsilon} = ct. \quad (c = \text{constante}) \quad (14)$$

En adoptant pour la déformation plastique l'expression

$$\bar{\varepsilon} = \int f \varepsilon dt \quad (3)$$

et nous admettrons (avec toutes les réserves dont nous avons parlé tout à l'heure) que la fonction f se maintient constante, c'est-à-dire que le corps est homogène et que, pendant toute la durée des opérations, les phénomènes de frottement sont négligeables.

Nous pouvons écrire :

$$\varepsilon + \int f \varepsilon dt = ct. \quad (15)$$

Par différentiation on a :

$$d\varepsilon + f \varepsilon dt = c dt$$

ou bien :

$$\frac{d\varepsilon}{\varepsilon} = c - f \varepsilon$$

et encore :

$$\frac{d\varepsilon}{\frac{c}{f} - \varepsilon} = f dt.$$

Par intégration :

$$\log_e \left[\frac{c}{f} - \varepsilon \right] = -f(t - t_0)$$

et donc :

$$\frac{c}{f} - \varepsilon = e^{-f(t-t_0)}.$$

Pour que, à l'origine des temps, la déformation élastique

$$\varepsilon = \frac{c}{f} - e^{-f(t-t_0)} \quad (16)$$

soit identiquement nulle, il suffit que :

$$\frac{c}{f} = e^{ft_0}.$$

On aura ainsi :

$$\varepsilon = \frac{c}{f} (1 - e^{-ft}). \quad (16')$$

Si l'on tient compte que, pour $t = 0$, $\frac{d\varepsilon}{dt} = c$ et que, pour $t = \infty$, $\varepsilon = \frac{c}{f}$, on peut conclure que la courbe représentative de ε en fonction de t (fig. 19) devra partir de l'origine des axes; avoir pour tangente initiale la droite selon laquelle la déformation totale $\varepsilon + \bar{\varepsilon}$ varie avec le temps; admettre une asymptote parallèle à l'axe des temps, dont l'abscisse c/f croît proportionnellement à la vitesse d'application des déformations imposées, et inversement aux valeurs du coefficient d'hérédité f .

Supposons à présent que, à un certain moment, la loi de variation des déformations imposées change de signe; c'est-à-dire que les déformations imposées se mettent à décroître.

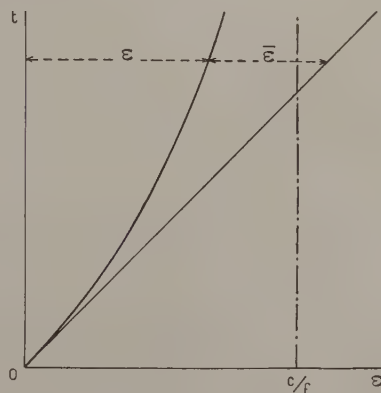


FIG. 19.

Si leur retour au zéro se vérifiait instantanément, la seule déformation élastique s'annulerait; le point représentatif, qui avait atteint une certaine position A, (fig. 20), reviendrait selon une droite parallèle à la tangente initiale jusqu'à définir sur l'axe des ϵ l'état de coaction résiduel.

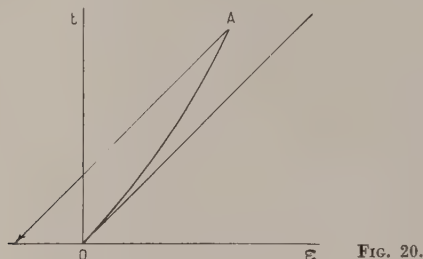


FIG. 20.

Mais nous voulons au contraire supposer que les déformations imposées décroissent graduellement, avec la même vitesse avec laquelle elles croissaient avant d'atteindre A; l'expérience nous apprend que, dans ce cas, ce ne sont pas seulement les déformations élastiques qui disparaissent, mais aussi une partie des déformations plastiques. Le point représentatif s'éloignera donc de la parallèle à la tangente initiale pour suivre une ligne AB (fig. 21) dont la courbure, plus ou moins marquée, sera en tout cas opposée à celle de la courbe ascendante.

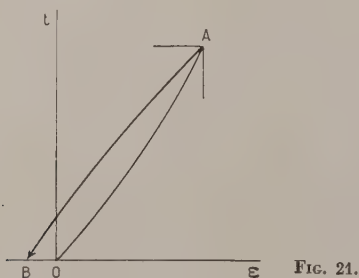


FIG. 21.

On est ainsi conduit à admettre — par analogie au cas des déformations dues à l'action de forces extérieures — que, à partir du moment de l'inversion des déformations imposées, la déformation *négative* qui se produit (rapportée à de nouveaux axes coordonnés ayant leur origine en A et des directions opposées aux précédentes) peut s'exprimer d'une façon analogue à celle déjà reconnue valable pour les déformations positives

$$\epsilon' = \frac{c}{f'} (1 - e^{-f' t'}) \quad (17)$$

f' étant une nouvelle constante qui mesure l'aptitude du matériau à restituer *une partie* seulement des déformations plastiques (et donc nécessairement comprise entre zéro et f).

Si les déformations imposées, après s'être annulées, se remettent à croître (toujours avec la même vitesse) les déformations plastiques réapparaîtront immédiatement; et la nouvelle courbe ascendante reviendra en A

(fig. 22) donnant lieu à ce que, par analogie, nous appellerons le « cycle d'hystérésis » de l'état de coaction.

Si au contraire les déformations imposées, après s'être annulées, continuent à décroître jusqu'à atteindre une valeur négative égale à la valeur positive maximum atteinte précédemment, le diagramme se présentera comme sur la figure 23, et offrira, encore une fois, la possibilité de préciser la valeur du coefficient f' .

La symétrie du cycle bilatéral par rapport à l'origine O exige en effet que, pour $t' = 2t$, on ait $\epsilon' = 2\epsilon$ ce qui arrive seulement si

$$f' = \frac{1}{2} f.$$

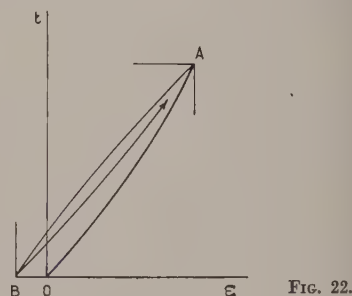


FIG. 22.

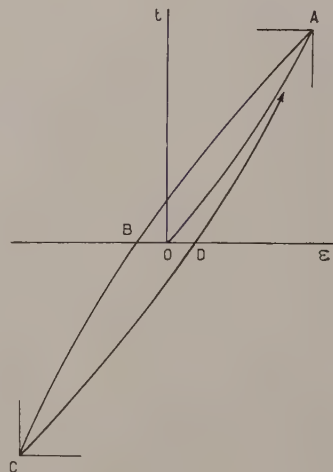


FIG. 23.

Dans ces conditions, la formule (17) devient :

$$\epsilon' = 2 \frac{c}{f} \left(1 - e^{-\frac{1}{2} f t'} \right). \quad (18)$$

Mais l'analogie ne va pas plus loin. Entre les états de coaction déterminés par l'action des forces extérieures et ceux que nous venons de reconnaître comme exclusivement déterminés par l'intervention des déformations imposées, il y a une différence importante constamment révélée par nos expériences et que, avant de terminer, je veux essayer de justifier.

Rappelons à ce propos que dans l'étude de l'équilibre élastoplastique des structures sollicitées par des forces extérieures croissant linéairement avec le temps, la loi de distribution des déformations élastiques (et donc des contraintes) est généralement modifiée par l'intervention des déformations plastiques qui les accompagnent et peut cesser d'être linéaire si elle l'était en régime de parfaite élasticité.

Or (au point de vue strictement théorique, et avec toutes les réserves que nous avons énoncées à propos de la constance du coefficient d'hérédité) on serait conduit à affirmer que les choses peuvent aller différemment lorsque un état de coaction est déterminé exclusivement par des déformations imposées.

Reprenons par exemple le cas typique des poutres flexibles et supposons qu'en l'absence de toute force extérieure la flexion soit exclusivement déterminée par des déformations imposées.

Si l'on veut que la loi de la conservation des sections planes reste vérifiée pendant que les déformations imposées vont croissant linéairement avec le temps, il est évidemment que, dans chaque point P d'une section quelconque MN de la poutre (fig. 24) la constante c qui mesure la vitesse de variation des déformations totales $\epsilon + \bar{\epsilon}$ soit proportionnelle à la distance y de P à l'axe neutre de la section.

Or si dans ces conditions, on maintient l'hypothèse de la constance du coefficient f — hypothèse dont on ne pourrait d'ailleurs se passer qu'au prix de considérables implications analytiques — la déformation élastique, selon la formule (16'), sera elle aussi proportionnelle à y .

Les déformations élastiques et contraintes resteront donc distribuées linéairement sur la section.

C'est dire que, dans les états de coaction dus à l'intervention des déformations imposées, l'influence des

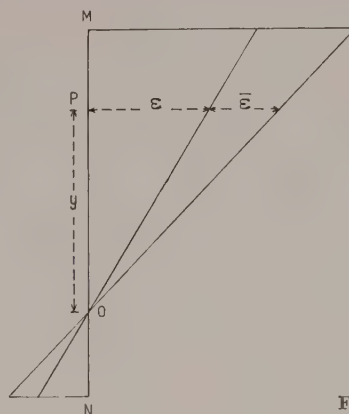


FIG. 24.

phénomènes plastiques devrait se manifester sur la grandeur des tensions (qui subissent une réduction proportionnelle) mais non sur la loi de leur distribution sur la section, loi qui restera linéaire dans tous les cas où elle le serait en régime de parfaite élasticité.

Si l'on considère que le même phénomène se poursuit dans la suite des temps, si (en l'absence de forces extérieures) les déformations imposées, après avoir atteint des valeurs déterminées, se maintiennent constantes⁽⁴⁾, on serait conduit à considérer comme justifiée la coutume d'évaluer en pour cent la diminution des tensions due à la plasticité des matériaux.

⁽⁴⁾ G. COLONNETTI, *L'équilibre des corps déformables*, Éd. Dunod, Paris 1955, p. 40.

M. le Président. — M. le Professeur, je suis heureux de vous remercier et de vous féliciter.

M. Colonnetti. — Je vous remercie de m'avoir donné l'occasion d'exposer mes travaux.

M. Caquot. — Je pense que nous devons remercier M. Colonnetti de cette conférence d'une clarté parfaite. Nous avons l'impression chaque fois que nous recevons un ingénieur italien, et a fortiori un professeur comme M. Colonnetti, d'avoir des gens qui parlent le même langage que le nôtre, spécialement le langage scientifique. Les ingénieurs italiens sont en effet persuadés, comme nous-mêmes, que c'est la science qui domine et que c'est le premier domaine à connaître.

M. Colonnetti nous a parlé des déformations plastiques qui suivent immédiatement l'état de charge. Ceci surprendra ici la plupart des techniciens et des ingénieurs. Il en a donné l'explication d'une façon extrêmement claire : il a commencé par faire l'accommodation à l'aide de cycles qui tendent vers zéro. Il a donc commencé par déterminer un état initial défini au lieu d'expérimenter un corps préalablement écroui dont l'architecture interne est modifiée. Les résultats obtenus, et particulièrement la simultanéité des déformations plastiques et élastiques, tiennent à l'équilibre interne initial.

C'est là le grand mérite de la communication de M. Colonnetti, de nous avoir montré qu'il fallait partir d'une architecture bien déterminée.

Ceci rappelle l'importance de cette expérience que j'ai déjà rappelée souvent. Il y a deux siècles, Coulomb découvrait les lois de l'attraction électrique à l'aide d'une balance de torsion dont il avait effectué l'accommodation complète, ce qui lui a permis d'avoir assez de précision pour trouver les lois d'attraction de l'électricité.

Ainsi, ces phénomènes d'accommodation sont essentiels ; M. Colonnetti vient de nous montrer comment on pouvait les maîtriser en partant d'un état initial que la plupart des expérimentateurs n'avaient pas pensé à établir et nous devons grandement l'en remercier.

Les thèses et la méthode d'exposition adoptées par les conférenciers et les personnes qui prennent part aux discussions peuvent parfois heurter certains points de vue habituellement admis. Mais il doit être compris que ces thèses et discussions, à l'égard desquelles l'Institut Technique ne saurait prendre parti, ne visent en rien les personnes ni le principe des Institutions.

(Reproduction interdite.)

ÉDITÉ PAR LA DOCUMENTATION TECHNIQUE
DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS,
6, RUE PAUL-VALÉRY, PARIS-XVI^e.

(Ann. I. T. B. T. P.)

6565-10-59. Typ. FIRMIN-DIDOT et C^{ie}, Mesnil (Eure).
Dépôt légal : 4^e trim. 1959.

Le Directeur-Gérant : P. GUÉRIN.

Série : VARIÉTÉS, ACTUALITÉS, INFORMATIONS (12)

CONFÉRENCE DE DELFT SUR L'ANALYSE DES CONTRAINTES

(31 mai - 4 avril 1959)

Compte rendu par **M. G. DAWANCE**, Chef du service Physique et Métaux au Centre Expérimental de Recherches et d'Études du Bâtiment et des Travaux Publics

Il a été fait à Delft du 31 mars au 4 avril 1959 une série de communications sur l'analyse des contraintes. Cette réunion était organisée par le Stress analysis group de l'Institute of Physics, (G.-B.) ; elle est tenue à l'Institut TNO de Delft, les organisations suivantes ayant aidé et participé à l'organisation de la réunion.

Pour la Hollande, l'Institut TNO voor Werkingkundige Constructies qui a accueilli les congressistes dans ses locaux et a eu la charge matérielle de la réunion.

Pour l'Allemagne, le V. D. I. section analyse des contraintes.

Pour la Suisse, l'Association Suisse pour l'essai des Matériaux.

Pour la France, le GAMAC (Groupement pour l'Avancement des Méthodes d'Analyse des Contraintes).

Cinquante-deux mémoires ont été présentés et discutés en anglais, français et allemand.

Ces mémoires concernaient l'ensemble des problèmes d'analyse des contraintes et nous ne mentionnerons ici que ceux qui ont paru présenter un intérêt spécial sous l'angle Bâtiment et Travaux publics.

Utilisation des vernis fragiles. — Cette technique est toujours considérée par les utilisateurs comme très délicate et n'est pas sortie du Laboratoire à cause de sa sensibilité aux conditions de température, humidité et vitesse d'air.

Les méthodes d'applications se sont perfectionnées et ont été facilitées par l'utilisation de pistolets projetant la poudre fondue. (UTAC (Paris), A. Martin).

D'autre part le B. A. M. de Berlin Dahlem (Dr Rohrbach et V. Feucht) a mis au point des bandes en aluminium oxydé se collant sur les pièces à étudier et fonctionnant comme extensomètre craquelure, ces bandes n'étant pas sensibles à l'humidité ni au usage.

Dispositifs extensométriques spéciaux. — Ces dispositifs de transport de mesures, entièrement mécaniques permettent de relever la distance existant entre deux billes éloignées de 0 ou 20 mm, scellées dans le matériau à étudier et de conserver la mesure jusqu'au moment où celle-ci peut être faite au moyen de l'extensomètre lui-même. (B. A. M. W. Feucht Berlin Dahlem.)

Dispositif de mesure par réplique. — Ce procédé a été développé au Royal Aircraft Establishment de Farnborough, par V.M. Hickson.

On réalise sur la pièce à étudier au moyen de papier abrasif deux réseaux des stries orthogonales et après avoir fait des repères convenables pour identifier avec certitude les points de mesures, on vient prendre un moulage de la surface à étudier. Ce moulage est réalisé au moyen d'un alliage fusible à basse température dans des conditions thermiques identiques donne une image parfaitement précise de la surface à étudier avec ses stries.

Le dispositif permet la prise de répliques sur des pièces dans des conditions très différentes, sous charge, sans charge, après différents chargements, etc...

La comparaison des différentes répliques du même point est faite au moyen d'un microscope spécial permettant la superposition de deux répliques.

Les déformations élastiques peuvent être mesurées sur une longueur de base de 12 mm à $50 \cdot 10^{-6}$ près, soit $0,4 \text{ kg/mm}^2$ sur de l'aluminium ou 1 kg/mm^2 sur de l'acier, les déformations plastiques pouvant être étudiées sur une base beaucoup plus faible de l'ordre de 0,25 mm.

La méthode s'est révélée extrêmement efficace pour connaître les efforts internes introduits au cours de la construction dans les parties fortement sollicitées d'un avion, ainsi que pour l'étude des déformations plastiques. Elle n'est à présent utilisable que sur l'acier et les alliages légers. D'autre part l'auteur a vérifié que l'effet de la température de la pièce au moment de la prise de réplique était compensé automatiquement au cours de la mesure.

Méthode du moire. — Cette méthode déjà bien connue en France par les travaux de M. Dantu a été appliquée à de nombreux essais sur des structures d'avion pour Sud Aviation (précision actuelle des mesures sur alliages légers $0,4 \text{ kg/mm}^2$. Duruy Sud Aviation).

D'autre part MM. Loof et Sande, Technische Hogeschool Delft, ont recherché de nouvelles applications à cette méthode; deux types d'analogies ont été étudiés, l'une pour la détermination du champ de contraintes dû à un champ thermique, et l'autre pour la répartition des moments dans les plaques chargées reposant sur une fondation élastique.

Mesures extensométriques dans le cadre du génie civil. — Un dispositif très intéressant de mesure directe des contraintes a été réalisé par G. Glötzl de Karlsruhe.

Ce dispositif est constitué par un vérin plat circulaire ayant une face plane et l'autre face ondulée.

Ce vérin est muni de deux ajutages, l'un servant à être mis en relation avec une pompe et l'autre fermé par un clapet commandé par la distance entre les deux parois du vérin.

Le vérin est placé dans le béton où le sol est mis en pression par la pompe, lorsque il y a équilibre entre la pression interne et la pression externe, les deux parois du vérin s'écartent et la fuite s'ouvre, la pression du fluide injecté par la pompe s'établit à une valeur égale à celle s'exerçant sur le vérin plat.

M. Heymann (Bureau Grondmechanica, Amsterdam), a effectué des mesures sur la transmission des efforts par les pieux en béton et des palplanches; des mesures dynamiques ont été effectuées au cours du battage de ces pieux.

Le calcul du béton à la rupture nécessite la connaissance du diagramme de déformation du béton en compression jusqu'à la rupture (H. Lambotte, Laboratoire Magnel, Gand).

L'appareil est un enregistreur en doubles coordonnées fonctionnant au moyen de jauges inductives.

Il peut être utilisé sur n'importe quelle machine d'essais et l'extensomètre permet de faire la moyenne des deux raccourcissements de deux fibres opposées de l'éprouvette comprimée.

Les mesures possibles jusqu'à rupture sans danger pour l'appareil.

Essais d'une tour de réfrigérant parabolique (F. Riessauw et H. Lambotte, Laboratoire Magnel, Gand).

Étude sur modèle réduit échelle 1/40, réalisé en tôle d'acier de 2 mm d'épaisseur. Les déformations étaient mesurées au moyen de quatre-vingt-douze extensomètres à fil résistant, une tentative d'essai de flambement sous l'effet du poids propre a été faite.

Mesures des efforts dans les systèmes genre téléferique et télé-siège. Ces dispositifs posent des problèmes de calcul sous les effets d'inertie assez difficiles à prévoir (J. Wolff et Westhauber, Munich). M. J.M. Hermès et F.P.M. Bruens (Mines d'État du Limbourg, Pays-Bas) ont étudié les revêtements de puits soumis à des poussées considérables. Ces revêtements sont de construction mixte, profilés associés à un remplissage de béton. La tenue de l'ensemble étant gouvernée par les dispositifs réalisant l'adhérence acier-béton, diverses dispositions constructives ont été essayées sur modèles réduits.

Une étude très délicate au moyen de jauges à fil résistant a été menée à bien par M. G. Darnault, de l'Aluminium Français, qui a pu mesurer la répartition des efforts entre les différents brins d'un câble de transport de force aluminium-acier.

La contribution du Centre Expérimental du Bâtiment et des Travaux Publics consistait en la présentation d'une cellule de mesure directe des pressions dans les massifs rocheux et d'un équipement complet pour la mesure des efforts due au vent (contraintes et pression statiques).

Photoélasticimétrie. — La répartition des contraintes dans les poutres lisses et entaillées soumises à un choc a déjà fait l'objet d'assez nombreuses investigations. M. Emschermann, Flossman, et Ruhl du B. A. M. Berlin Dahlem ont étudié ce problème au moyen d'un banc photoélasticimétrique spécial permettant la prise de vue nécessaire de plusieurs photographies à des intervalles allant de 25 μ à 1 milliseconde.

On a pu ainsi reconstituer la suite des phénomènes se produisant dans les 200 μ s suivant le choc. Ces mesures sont pleines d'intérêt pour l'ade du essai de résilience.

Contraintes de flexion dans un arbre à trou transversal. La pointe de contraintes aux alentours du bord d'un trou a été étudiée par la méthode du figéage. La contrainte maximum a été calculée à partir de mesures faites sur une tranche dont on diminuait progressivement l'épaisseur. La méthode a été très discutée; il semble que lorsque la tranche devient très mince les retards optiques diminuant et les modifications de structure dues à l'usinage superposant leurs effets, on risque de commettre des erreurs systématiques dans les mesures.

Étude des plaques et coques (Prof. G. Franz, Karlsruhe). L'auteur mesure les contraintes de membrane par mesure directe du retard moyen au travers de la coque, puis la contrainte de flexion au moyen de plaquettes très minces ayant une face réfléchissante collées localement sur le modèle. Cette disposition a soulevé de vives critiques à cause du changement d'inertie de la coque provoqué par le collage des plaquettes.

Utilisation de la photoélasticimétrie pour l'étude des contraintes résiduelles (C.F. Moretti Renault). On utilise l'analogie existant entre la diffusion de l'eau dans les plastiques et les contraintes résiduelles de dilatation. On peut ainsi pour des pièces de forme complexe avoir une idée du champ des contraintes résiduelles provoquées par le refroidissement rapide au cours de traitements thermiques.

Les points singuliers en photoélasticimétrie (G. Salet, S.T.C.A.N. Paris). L'auteur classe et décrit différents points singuliers et donne un procédé pour les reconnaître, permettant ainsi le tracé des isostatiques aux environs de ceux-ci.

Mesure des contraintes équilibrées dans l'épaisseur des plaques (P. Acloque, C. Guillemet, Saint-Gobain, Paris).

Si l'on observe une plaque soumise à des contraintes résiduelles en équilibre, distribuées suivant une loi parabolique, on constate si la plaque est observée en incidence très oblique un retard optique. Le calcul montre qu'il se produit un effet de mirage tel que les trajets sont différents dans les zones tendues et comprimées. Connaissant les propriétés optiques du matériau et la loi de répartition des contraintes, il est possible de calculer celles-ci. Le même calcul peut être appliqué aux problèmes de flexion.

Applications du vernis photoélastique (G. Golubovic, Paris). L'auteur décrit les dispositifs utilisés pour ce genre de mesure sur structures et donne quelques exemples d'application.

Appareillage. — Le TNO (F. A. Weringa) a présenté en fonctionnement un équipement automatique de mesure pour extensomètres à fil résistant. Ce dispositif est équipé d'un commutateur à quarante-huit directions et inscrit sur machine à écrire les résultats.

Chaque point de mesure comprend un pont de quatre jauges, un pont d'équilibrage et de compensation alimentés en courant continu, il faut environ trois minutes pour explorer quarante-huit points. Le TNO (F. A. G. Timmermans) présente un pont de mesures de déformations transistorisées très intéressant par son faible volume.

Le Laboratoire de l'Aéronautique à Amsterdam (M. D. Bosman) a construit un appareil à deux cents directions, chaque point de mesure est équipé d'un double pont et d'un équilibrage, la commutation des voies est effectuée au moyen de relais dont les contacts ont demandé un choix très délicat. Les contacts définitivement adoptés sont à base d'argent 70 %, or 18 %, cuivre 8 %, indium 4 % assurant une bonne reproductibilité, peu d'effet thermoelectrique et une résistance de contact suffisamment faible (de l'ordre de 50 m Ω).

La tension de déséquilibre est enregistrée sur un potentiomètre électronique.

Dynamométrie de précision (G. Fouriet, École des Mines). Les divers perfectionnements apportés aux jauges à fil résistant (au moyen d'ancrages des boucles) et à la précision des dispositifs de mesure ont permis la construction de matériel de pesage avec une précision supérieure à 1/1000.

Enregistrement magnétique (E. H. Boiten, TNO). Du fait de la mauvaise réponse des magnétophones aux basses fréquences, on est obligé d'utiliser un enregistrement avec porteuse. Ce dispositif permet aussi l'élimination d'un certain nombre de perturbations propres à ce type d'enregistrement.

L'intérêt de ces dispositifs est : le grand nombre possible d'enregistrements simultanés; le changement de fréquence par le choix des vitesses d'enregistrement et de reproduction; la restitution à volonté d'un signal électrique identique à celui produit par l'instrument de mesure.

L'Institut TNO (P. de Waard) a présenté un appareil permettant la mesure de déplacements au moyen de jauges capacitives.

M. Noltingk (Angleterre) a présenté un dispositif de mesure des déplacements par le déplacement d'un écran entre deux bobinages.

M. Rohrbach et N. Czaika (B. A. M. Berlin, Dahlem) ont essayé d'étudier les propriétés des jauges à fils résistants en les représentant par un dispositif simplifié constitué par un fil tendu supporté à ses extrémités par des ancrages en papier et colle travaillant au cisaillement.

Les propriétés de ces matériaux étant relativement bien connues, il a été calculé la correction à apporter au facteur de jauge du fil pour l'amener à celui de la jauge ainsi que la migration de la jauge au cours du temps, ces deux calculs se sont trouvés vérifiés par l'expérience pour un type bien déterminé de jauges.

Pont à porteuse à 50 kHz (CH Rohrbach, B. A. M. Berlin, Dahlem). L'utilisation d'une porteuse à fréquence élevée oblige à prendre de nombreuses précautions dans les montages et plus particulièrement pour les câbles de liaison. Les capacités des câbles doivent être compensées par des selfs, ce qui permet, compte tenu du dessin du pont, d'utiliser l'étalonnage statique des jauges pour la mesure.

Les jauges peuvent être utilisées avec 400 m de câble.

Divers. — M. Pomey (Régie Renault) donne les résultats d'une série d'essais de fatigue ayant pour but la détermination de l'effet du gradient de contrainte sur la limite de fatigue.

Cet effet se fait sentir de deux manières à l'échelle de la pièce et à l'échelle de la structure micrographique modifiant les prévisions de limite de fatigue qui peuvent être tirées de l'analyse des contraintes seules.

Une série de rapports sur l'analyse des contraintes en France, Allemagne, Hollande et Grande-Bretagne faisant l'histoire et un tableau général du développement actuel de ces activités, a été fait respectivement par M. l'Ingénieur Général de Leiris, le Dr Emschermann, le Dr Boiten et M. E.K. Frankl.

L'Institute of Physics, 47, Belgrave Square, London SW 1 (G.-B.) a l'intention de publier le texte complet de ces conférences sous forme imprimée.

A l'issue du Congrès, il a été décidé de former entre les différentes organisations intéressées un Comité chargé de prévoir sur un plan international, une nouvelle réunion sur le même sujet.

(Reproduction interdite)

OCTOBRE 1959

Douzième Année, N° 142

Série : TRAVAUX PUBLICS (59)

CENTRE D'ÉTUDES SUPÉRIEURES

SÉANCE DU 16 DÉCEMBRE 1958

sous la présidence de **M. COUPRIE**, Inspecteur général des Ponts et chaussées.



A CONSTRUCTION DES OLÉODUCS D'ÉVACUATION DU BRUT D'HASSI-MESSAOUD

par **M. J. BOUVET**

Directeur général de la Société Pétrolière de Gérance

AVANT-PROPOS DU PRÉSIDENT

M. Bouvet va évoquer devant vous le problème du transport du pétrole à travers le Sahara et l'Algérie. Rien que dans cette première phase, je viens de prononcer trois mots dont, chacun séparément, éveille l'attention : pétrole, Sahara et Algérie.

Vous pourriez avoir la crainte d'entendre parler de ces choses par un homme qui n'en a pas la connaissance directe. Je puis heureusement vous détromper, car la carrière de M. Bouvet l'a mené dans le monde entier, pour ainsi dire ; d'abord ingénieur colonial allant d'Afrique Noire aux Antilles il a passé de 1943 à 1946 trois ans en Algérie, pendant lesquels il s'occupa de problèmes hydrauliques, à Oran, et en particulier de l'adduction d'eau d'Oran ; il était prédestiné à étudier les grandes canalisations.

Depuis, après un passage à Donzère-Mondragon, le voilà maintenant revenu à l'Afrique, pour le transport des pétroles et je lui passe la parole afin qu'il évoque devant vous ces problèmes d'un intérêt intense.

RÉSUMÉ

La Société Pétrolière de Gérance (S. O. P. E. G.), filiale de la Compagnie Française des Pétroles (Algérie) (C. F. P. - A) et de la Société Nationale de Recherches et d'Exploitation des Pétroles en Algérie (S. N. REPAL), a été chargée de construire un oléoduc reliant le gisement d'Hassi-Messaoud au Sahara, à la côte méditerranéenne, à Bougie.

Cette canalisation aura 662 km de longueur et comportera 533 km de tubes de 600 mm (24 pouces) et 127 km de 550 mm (22 pouces), représentant 76 000 tonnes d'acier.

Quatre stations de pompage sont prévues. Deux seront équipées de moteurs Diesel, alimentés par le brut, une sera télécommandée de l'origine et équipée d'une turbine à gaz. La station d'origine sera équipée de pompes électriques, le courant étant fourni par une centrale électrique utilisant comme source d'énergie le gaz du gisement.

Le Terminal de Bougie aura une capacité de stockage de 420 000 m³ répartis en douze réservoirs de 35 000 m³ à toit flottant.

Le Terminal sera réuni au port pétrolier par un oléoduc de 800 mm (32 pouces).

La capacité de chargement des pétroliers sera de 2 000 à 6 000 m³/h.

Le débit annuel de l'ouvrage terminé sera, en 1961, de 14 millions de tonnes.

SUMMARY

The Société Pétrolière de Gérance (S. O. P. E. G.), a branch of the Compagnie Française des Pétroles (Algeria) (C. F. P. - A) and of the Société Nationale de Recherches et d'Exploitation des Pétroles en Algérie (S. N. REPAL), has been contracted to build an oil pipeline connecting the Hassi-Messaoud oil field, in the Sahara, to the Mediterranean coast, in Bougie.

This pipe system will have a length of 411 miles and will involve 331 miles of 24-inch (600 mm) pipes and 79 miles of 22-inch pipes (550 mm), representing 76,000 tons of steel.

Four pumping stations are planned. Two will be equipped with Diesel motors operating on crude oil, one will be operated by remote control from the source and equipped with a gas turbine. The station at the source will be equipped with electric pumps, the current being provided by a power station using gas from the oil field as the source of energy.

The Bougie Terminal will have a storage capacity of 549 240 cu. yd distributed among twelve storage tanks, each having a capacity of 45 760 cu. yd, with a floating roof.

The terminal will be connected with the oil port by means of a 32-inch (800 mm) oil line.

The loading capacity of the tank trucks will be 2 615 to 7 845 cu. yd/h.

The completed installation will have, in 1961, an annual delivery of 14 million tons.

Les thèses et la méthode d'exposition adoptées par les conférenciers et les personnes qui prennent part aux discussions peuvent parfois heurter certains points de vue habituellement admis. Mais il doit être compris que ces thèses et discussions, à l'égard desquelles l'Institut Technique ne saurait prendre parti, ne visent en rien les personnes ni le principe des Institutions.

EXPOSÉ DE M. BOUVET

Mon exposé va se décomposer en trois parties principales. Premièrement : quelques réflexions générales sur les travaux d'oléoducs (pipe-lines)⁽¹⁾ ; ce sont les réflexions d'un homme qui vient des Travaux publics qui est frappé par certains caractères de la construction de ces ouvrages.

Deuxièmement, les solutions adoptées pour l'évacuation du pétrole d'Hassi-Messaoud, solutions qui sont une part une solution provisoire, le bébé oléoduc de

15 mm (6 pouces) posé entre Hassi-Messaoud et Touggourt et, d'autre part, le projet d'un oléoduc de 600 mm (24 pouces), dont la réalisation est actuellement commencée (fig.1).

En dernier lieu, je vous dirai quelques mots du programme (planning) de l'exécution des travaux du 600 mm (24 pouces), dans lesquels, comme je viens de vous le dire, nous sommes engagés à fond maintenant.

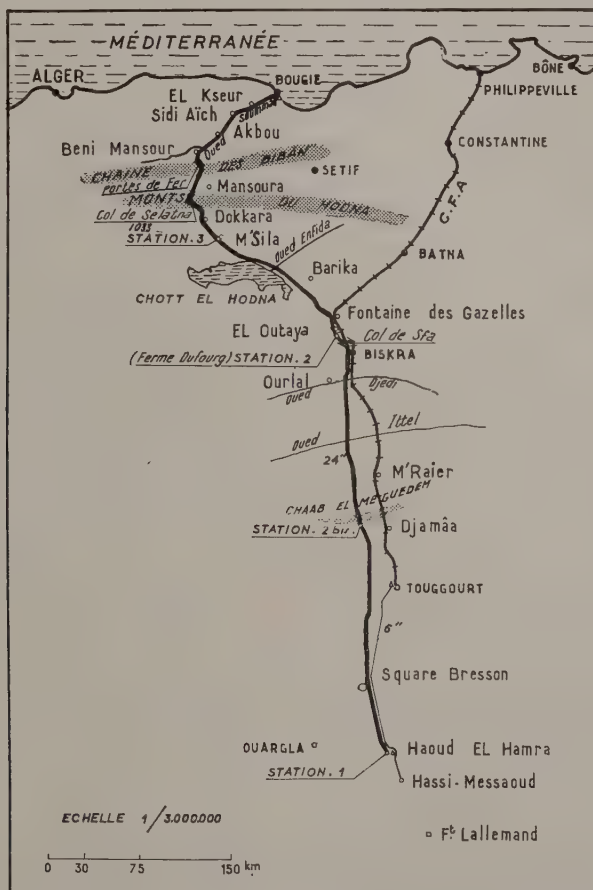


FIG. 1. — Tracé des oléoducs reliant Hassi-Messaoud à Touggourt (15 cm — 170 km) et Haoud El Hamra à Bougie (600 mm — 660 km).

⁽¹⁾ Ainsi que le signale « T.P. Actualités » dans son numéro d'avril-mai, le mot « oléoduc » vient de prendre place dans la terminologie officielle en remplaçant « pipe-line ». Cette dénomination a en effet été agréée par le Conseil des Ministres qui a récemment décidé la construction de « l'oléoduc Méditerranée-Rhin ».

M. Bouvet a bien voulu accepter que les mots anglais de son exposé soient remplacés par leurs équivalents français préconisés par le Comité d'Étude (N. de la R.) des termes techniques français et nous tenons à l'en remercier.

RÉFLEXIONS GÉNÉRALES SUR LES TRAVAUX D'OLÉODUCS

La pose d'un oléoduc est caractérisée par un mot très suggestif, « le cirque » ; car c'est le type du chantier remarquablement industrialisé, qui comporte une même opération répétée un très grand nombre de fois. On y retrouve donc les mêmes principes que dans une chaîne d'usine, une chaîne de montage d'automobiles par exemple.

Le travail est décomposé en une suite d'opérations élémentaires ; chacune de ces opérations est confiée à un ouvrier disposant d'un outillage bien adapté, qui lui permet de l'exécuter dans le minimum de temps et de la répéter un très grand nombre de fois d'un bout à l'autre de la journée.

L'ensemble est coordonné de façon que chaque ouvrier soit pleinement employé, qu'aucune opération ne soit ralentie par la précédente et que tous les travaux avancent de façon absolument parallèle, de telle sorte que la position du cirque au jour J soit obtenue par une simple translation de sa position au jour J moins 1.

Une des conditions essentielles pour obtenir cette marche industrielle est que le terrain ait été préparé, car le terrain, lui, comporte des irrégularités. Il faut donc que tous les obstacles particuliers aient fait l'objet d'un travail préliminaire qui est confié à un chantier avancé, que nous appelons chantier de piste, et qui permet au cirque lui-même de trouver un terrain exactement uniforme d'un bout à l'autre de sa progression.

Ce chantier de piste qui est, comme son nom l'indique, chargé de préparer la piste de service, doit assurer également l'exécution de certains travaux particuliers et notamment l'exécution des tranchées en terrain rocheux qui, naturellement, ne peuvent pas se faire avec la même vitesse d'avancement que la pose proprement dite. Une condition essentielle de la bonne marche d'un cirque au Sahara est ce que l'on appelle maintenant une bonne logistique.

Pour avoir le personnel qualifié nécessaire, au Sahara, il faut des camps confortables et parfaitement mobiles. Il faut ravitailler ces camps en vivres frais ; il faut approvisionner le chantier en tubes, en électrodes, en matériaux de revêtement, en carburants et lubrifiants, en pièces de rechange. Il faut également, et ce n'est pas le moindre souci, organiser l'entretien et le dépannage des multiples engins employés. Le cirque est un terrible consommateur non seulement de vivres, mais surtout de carburants et de matériel. C'est une véritable usine en marche qu'il s'agit de ravitailler sans à-coups.

La réussite dépend donc à peu près exclusivement de la qualité de l'organisation et de l'approvisionnement.

Il en est ainsi, me direz-vous, de la plupart des chantiers. C'est vrai, mais pas au même degré. Lorsque sur

le cirque une équipe est arrêtée par la panne d'un engin essentiel ou l'absence d'un approvisionnement, tout travail est arrêté et le dommage est particulièrement important, puisque l'ensemble des moyens mis en œuvre, hommes et matériel, représente une dépense journalière considérable. De plus, au Sahara, l'arrêt dû à une défaillance de l'approvisionnement risque de durer des jours et peut-être des semaines, alors qu'en Europe on peut beaucoup plus rapidement trouver des moyens de dépannage.

Nous allons maintenant analyser, si vous le voulez bien, sur un schéma, ce que comportent actuellement les cirques que nous employons.

Le chantier de piste (fig. 2) est, comme je vous le disais, le chantier avancé, qui a pour mission de préparer

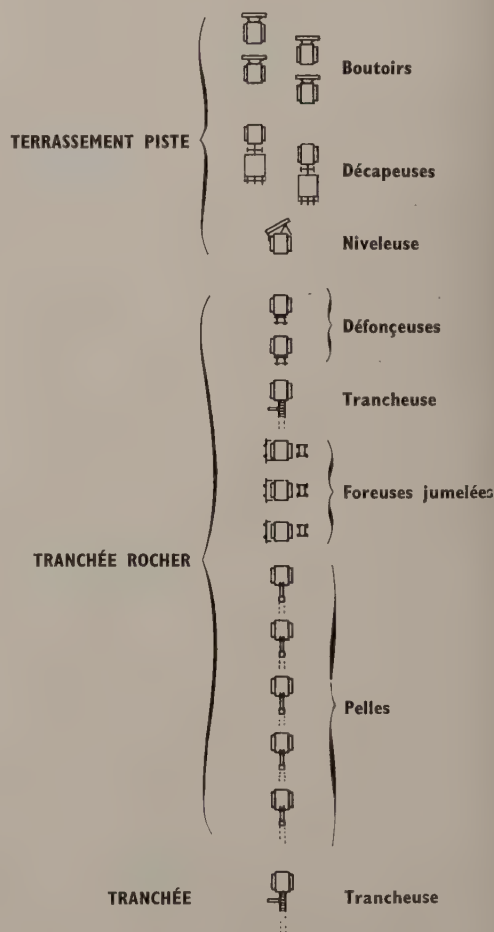


FIG. 2. — Chantier de piste.

terrain de façon à ce que le chantier de pose ne rencontre aucune difficulté particulière dans sa progression.

Le chantier de piste comprend ici quatre boudoirs (scallopers) deux décapeuses (scrapers) une niveleuse (grader). Le chantier de tranchée rocheuse opère avec deux défonceuses (rippers), une trancheuse, des foreuses jumelées (twin drills) et les pelles qui creusent la tranchée.

Voici maintenant (fig. 3) le chantier de pose. D'abord la cintrreuse donne aux tubes la forme, en plan et en profil, du fond de la tranchée de pose.

La figure 4 montre l'équipe de pointe qui fait la soudure de première passe; elle effectue l'opération clé du chantier qui consiste à mettre un tube au bout de la ligne déjà soudée. C'est le temps mis à cette opération qui conditionne en somme la vitesse d'avancement du chantier. C'est pourquoi l'on y met les soudeurs les plus qualifiés et c'est sur le travail de cette équipe que porte le principal effort.



FIG. 4. — Équipe de pointe du chantier de pose.
Soudure première passe.

Cette équipe comporte les grues latérales (side booms) et les postes de soudure en nombre suffisant pour permettre, vous le verrez tout à l'heure sur le terrain, de passer très rapidement d'un point au suivant.

Actuellement, sur notre chantier nous arrivons à faire cent quarante joints par jour, ce qui doit correspondre à peu près à un joint toutes les trois minutes.

Après la première passe vient la seconde qui doit se faire à chaud, puis toutes les soudures de remplissage de finition qui comblent le vide entre les chanfreins des tubes.

Une fois que la soudure est terminée sur 1 200 m, on doit passer à l'intérieur du tube à air comprimé une sorte de piston qu'on appelle un racleur (godevil). On essaye un tronçon à la pression de 7 kg en barbouillant d'eau l'anneau de tous les tuyaux pour vérifier leur étanchéité.

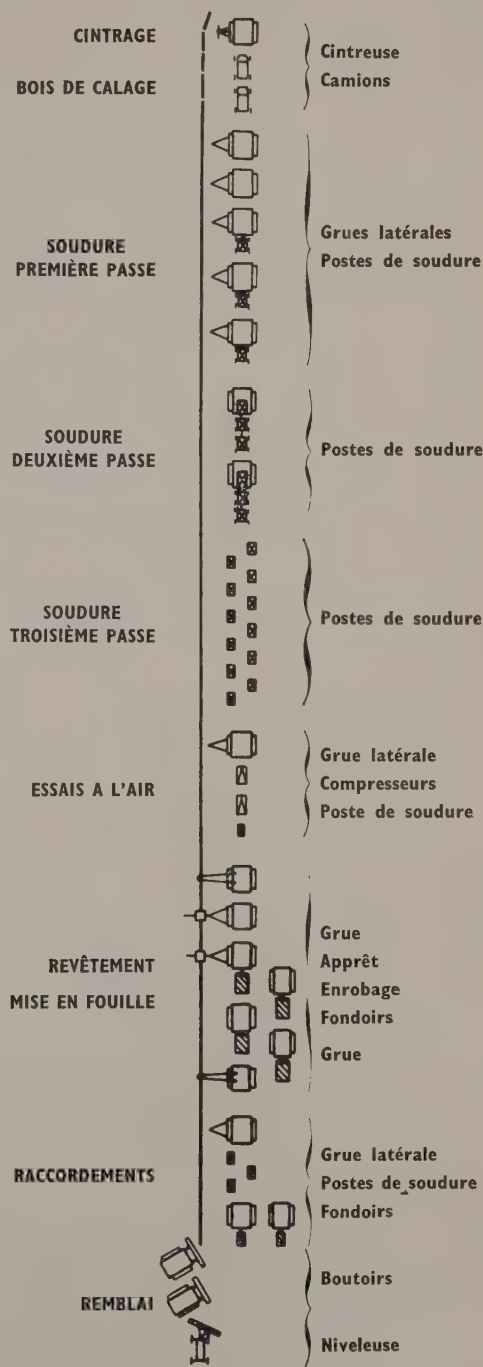


FIG. 3. — Chantier de pose.

A la suite de cette opération, on passe au revêtement. Une première machine Brosseuse-vernisseuse (priming machine), nettoie le tube et applique une couche d'impression. La seconde, l'enrobeuse (coating machine) dépose sur le tube du brai chaud dans lequel s'enfonce le voile de verre qui est enroulé, et le tout est enrobé de papier kraft.

Le tube est mis en fouille et ce n'est qu'ensuite qu'on fait les raccordements aux extrémités des tronçons de 1 200 m, dont je vous ai parlé tout à l'heure. Les tronçons voisins sont raccordés par une soudure qui est particulièrement délicate, puisqu'on ne peut déplacer les deux tronçons à raccorder, on fait à la main le revêtement à l'emplacement du raccordement et on remblaye. On peut considérer alors que le travail du cirque est terminé.

Quelques chiffres sur les effectifs composant un tel cirque : l'équipe de tranchée comporte huit hommes ; l'équipe de cintrage, quarante-sept ; l'équipe de première passe, vingt-quatre ; celle de deuxième passe, vingt-trois ; l'équipe de remplissage et finition, quarante-sept ; l'équipe de nettoyage, enrobage (priming-coating), soixante-six ; l'équipe de raccordement, vingt-cinq ; l'équipe de remblai, sept.

Si bien que nous arrivons à un total qui est de l'ordre de deux cent quatre-vingts et qui, avec le personnel du camp, l'équipe d'entretien mécanique et l'administration, atteint le total de trois cent cinquante huit pour le camp de pose.

Pour le chantier de piste, on arrive à un total de quatre-vingt-dix-sept. Pour le chantier de transport des tubes, on arrive à un total de cent cinquante-sept.

Une des difficultés d'un travail industriel est toujours le contrôle de la qualité du travail. Il ne peut pas évidemment être question de ralentir la cadence d'exécution par les exigences du contrôle. Cependant, ce contrôle est extrêmement important puisque l'enjeu, comme vous le pensez, est énorme.

Comment concilier cette exigence de la vitesse d'avancement avec un contrôle absolument efficace de la qualité de la soudure ?

La meilleure garantie dans ce domaine a été trouvée par un contrôle extrêmement sévère des soudeurs eux-mêmes. Ceux-ci suivent une école ; ils sont soumis à une homologation très sévère ; leur façon d'opérer est constamment surveillée au cours du chantier ; leur habileté fait l'objet de vérifications périodiques ; toute faute grave, toute négligence est immédiatement sanctionnée, soit par un avertissement, soit par un licenciement.

Naturellement, cette surveillance elle-même ne se contente pas d'éléments visuels ; on est amené fréquemment à faire des essais, des prélèvements de soudure, qui sont essayés suivant les méthodes classiques. D'autre part, on effectue des contrôles radiographiques qui ont le grand avantage de donner une vérification des soudures sans les détruire.

En dehors de ces essais, on vérifie l'étanchéité des soudures, mais non pas leur solidité, par les essais à l'air qui sont faits après l'achèvement de chaque

tronçon. Et quand une section suffisante de l'oléoduc est posée, on procède aux essais hydrostatiques. Ceux-là naturellement ont une valeur indiscutable, mais ils n'ont qu'une valeur de vérification, on compte bien qu'il ne se produira rien au cours de ces essais, car s'il y avait des ruptures tant soit peu nombreuses, ce serait une catastrophe ; il faudrait reprendre l'oléoduc et procéder à des réparations dans des conditions très difficiles.

Par contraste avec le caractère éminemment industriel du chantier de pose de la ligne, il faut souligner le caractère extrêmement délicat et complexe des chantiers de construction des stations de pompage.

Une station de pompage est un organe qui fait appel à toutes les techniques de l'ingénieur. On commence, naturellement, comme dans toutes les constructions, par la mécanique des sols et les fondations ; ensuite, interviennent le béton armé et la charpente métallique. Il y a les groupes moteurs, les pompes et leurs accouplements ; il y a ensuite une centrale électrique importante, car toute cette action de pompage consomme beaucoup d'énergie électrique : les nôtres sont équipées de groupes générateurs de 700 kW, chaque station en aura trois au stade final de son équipement.

Il y a encore tous les systèmes de contrôle et de télécommande qui doivent fonctionner de façon à obtenir une exploitation à la fois très simple et très sûre de tous les organes constituant la station de pompage.

On arrive à la conception de la station de pompage d'où toutes les commandes se font à partir d'un pupitre placé dans une salle de contrôle exactement comme dans une centrale électrique.

BÉBÉ OLÉODUC DE 150 mm (6 POUCES) D'HASSI-MESSAOUD À TOUGGOURT

Je vais vous dire maintenant quelques mots du bébé oléoduc de 150 mm (6 pouces) que nous avons posé l'automne dernier entre Hassi-Messaoud et Tougourt sur 180 km de longueur.

Il comporte une seule station de pompage qui est installée à Hassi-Messaoud. Cette station comprend elle-même trois groupes motopompes ; un moteur Poyaud de 216 ch/h actionnant une pompe Guinard à six étages.

Au départ d'Hassi-Messaoud, nous avons deux réservoirs de 800 m³, dans lesquels les sociétés productrices déversent leur pétrole et où nous le reprenons pour l'envoyer à Tougourt. A proximité immédiate de la gare de cette oasis un parc de trois bacs de 1 800 m³ reçoit le débit de l'oléoduc et alimente la station de chargement des wagons-citernes qui transportent le brut à Philippeville. En ce point le contenu des wagons est transporté par un oléoduc de quelques kilomètres dans un dépôt qui comporte un stock de 33 000 m³. Ce dépôt alimente par l'intermédiaire de pompes électriques le poste de chargement de pétroliers (tankers) avec un débit de 1 000 m³/h.

Le débit normal de notre bébé oléoduc est de 70 m³/h, qui correspond à 1 600 m³/j ou 1 280 t/j environ. Habituellement nous passons par l'oléoduc 40 000 t/mois.

La décision de construire cet oléoduc a été prise en 1957. Le début de la pose a commencé au mois d'octobre et elle a été terminée au mois de décembre. Mise en service a pu avoir lieu dès les derniers jours de décembre; le départ du premier train a eu lieu le 1^{er} janvier et celui du premier pétrolier (tanker), le 3 janvier.

À la fin de cette année, nous espérons avoir pu expédier environ 390 000 t par l'oléoduc.

OLÉODUC DE 600 mm (24 POUCES) D'HAOUD EL HAMRA A BOUGIE

Consistance du projet.

On en arrive maintenant à l'oléoduc de 600 mm (24 pouces) dont je vais vous définir très rapidement les caractéristiques.

Pour établir le projet d'un oléoduc, la première chose à définir le terminal départ et le terminal arrivée. Le terminal départ est une chose à peu près évidente; il s'agit de partir du champ de pétrole que l'on veut exploiter; encore faut-il définir à l'intérieur du champ le point d'où partira le tube. Ce point n'est pas en général le centre de gravité du gisement. Puisque le pétrole doit être transporté dans une direction donnée, on va s'intéresser à se placer dans une position excentrée diminuant la longueur de la ligne. Dans notre cas particulier, la station de terminal départ a été implantée dans la zone nord du gisement d'Hassi-Messaoud.

Le terminal arrivée est beaucoup plus difficile à définir, il doit remplir un certain nombre de conditions diverses. Dans notre cas particulier c'est Bougie qui est imposée; d'abord parce que c'était un des points de la côte algérienne le plus proche en droite ligne d'Hassi-Messaoud, ensuite à cause des qualités nautiques de la baie de Bougie, qui est extrêmement bien abritée de l'existence d'un avant-port à peu près inutilisé de dimensions très vastes, permettant des installations faciles, enfin parce qu'on a jugé possible de relier Hassi-Messaoud à Bougie par un tracé évitant à peu près complètement les zones de terrain instable qui sont si fréquentes en Algérie et qui, évidemment, constituent un handicap pour un tube posé dans le sol.

Au point de vue topographique, les exigences des oléoducs sont modestes; on peut avec un oléoduc escalader des pentes élevées et admettre un assez grand nombre de points hauts et de points bas : mais il faut naturellement éviter les régions trop accidentées, ce serait-ce que parce que le passage du cirque y entraîne des difficultés considérables.

Il faut dans le tracé d'un oléoduc tenir compte du réseau de voies de communication, voies ferrées et routes bien aménagées, car il y aura un très gros problème de transport à résoudre pour la construction et le prix de ce transport variera de façon considérable avec la qualité des voies employées.

La figure 1 montre le tracé qui a été adopté. Notre station de départ qui s'appelle Haoud el Hamra, se trouve sensiblement à 26 km au nord d'Hassi-Messaoud, où a été implantée la première sonde qui a donné du pétrole.

Notre tracé va en ligne droite à travers le désert, puis reste un certain temps à l'ouest de la route Ouargla-Touggourt-Biskra, pour rejoindre le tracé commun de la route et du chemin de fer dans les environs de Biskra. Toute cette région est plate et les seuls accidents de terrain sont d'une part la montée d'une petite falaise, d'autre part la traversée de deux oueds assez importants, l'Oued Itel et l'Oued Djedi.

Nous franchissons une première chaîne peu élevée au nord de Biskra, puis une seconde plus importante au nord d'El Outaya avant d'arriver à la plaine du Hodna. C'est une grande plaine constituant un bassin fermé avec un chott au milieu. L'oléoduc contourne le chott par le nord, pour atteindre M'sila, gros centre rural.

Après M'sila commence la région réellement accidentée. Nous avons à franchir d'abord les Monts du Hodna, au col de Sélata. Puis nous franchissons la chaîne des Bibans, qui est assez caractéristique; c'est une barrière rocheuse très abrupte, entaillée par l'Oued Azerou au défilé dit des Portes de fer. La traversée de cette barrière par l'oléoduc a posé un problème assez difficile. Après cette traversée nous descendons, en suivant l'Oued Azerou puis l'Oued Soummam jusqu'à Bougie.

Quelques mots maintenant de l'étude hydraulique du projet. Cette étude hydraulique est liée naturellement aux données fondamentales, c'est-à-dire au débit qu'on veut passer et au diamètre du tube.

Voici le schéma auquel nous nous sommes arrêtés (fig. 5). C'est un oléoduc comportant quatre stations de pompage. Voici le profil, en long du terrain, qui descend de façon à peu près continue d'Haoud El Hamra à Biskra puis qui après avoir franchi la cote 500 se maintient en palier dans la plaine du Hodna, et atteint la cote 1 000 à Sélata; il descend ensuite rapidement jusqu'à la côte à Bougie.

Une conséquence notable de ce profil en long, c'est que si nous devons utiliser du 600 mm (24 pouces), du terminal départ jusqu'au col de Sélata, du 550 mm (22 pouces) suffira en raison de la forte pente du col de Sélata jusqu'à Bougie.

Les stations sont distantes d'environ 190 km. La longueur totale est de 660 km.

Sur la figure 5 ont été tracées également les lignes piézométriques correspondant aux différentes phases de l'exploitation. Il est prévu que notre ligne comportera d'abord deux stations de pompage, station n° 1 et station n° 3. Dans ce stade de fonctionnement, nous pouvons assurer les débits suivants : débit horaire : 690 m³; débit journalier : 12 800 t ou 16 000 m³/j et débit annuel : 4 650 000 t.

Le second stade d'exploitation comprendra trois stations de pompage numérotées 1, 2 et 3. Les chiffres correspondants sont : 1 280 m³/h; 32 000 m³/j ou 25 500 t/j et 9 300 000 t/an.

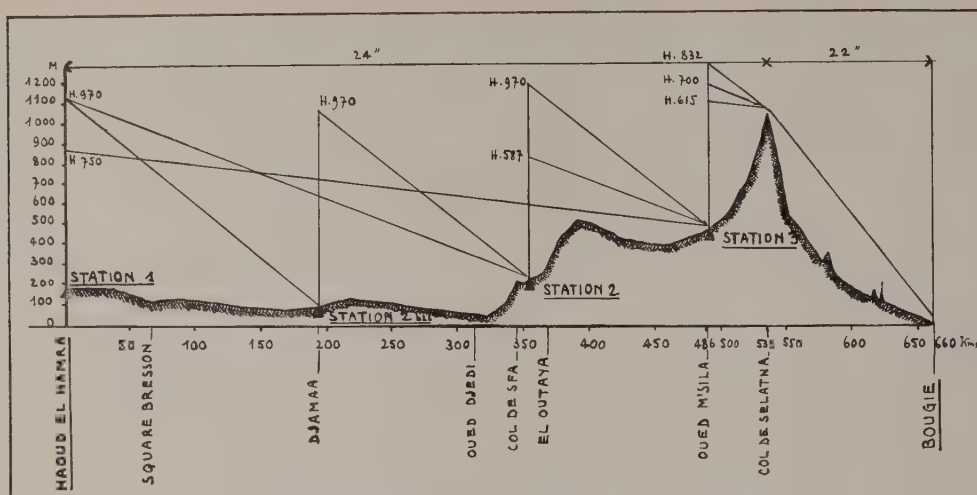


FIG. 5. — Profil en long du terrain et lignes piézométriques.

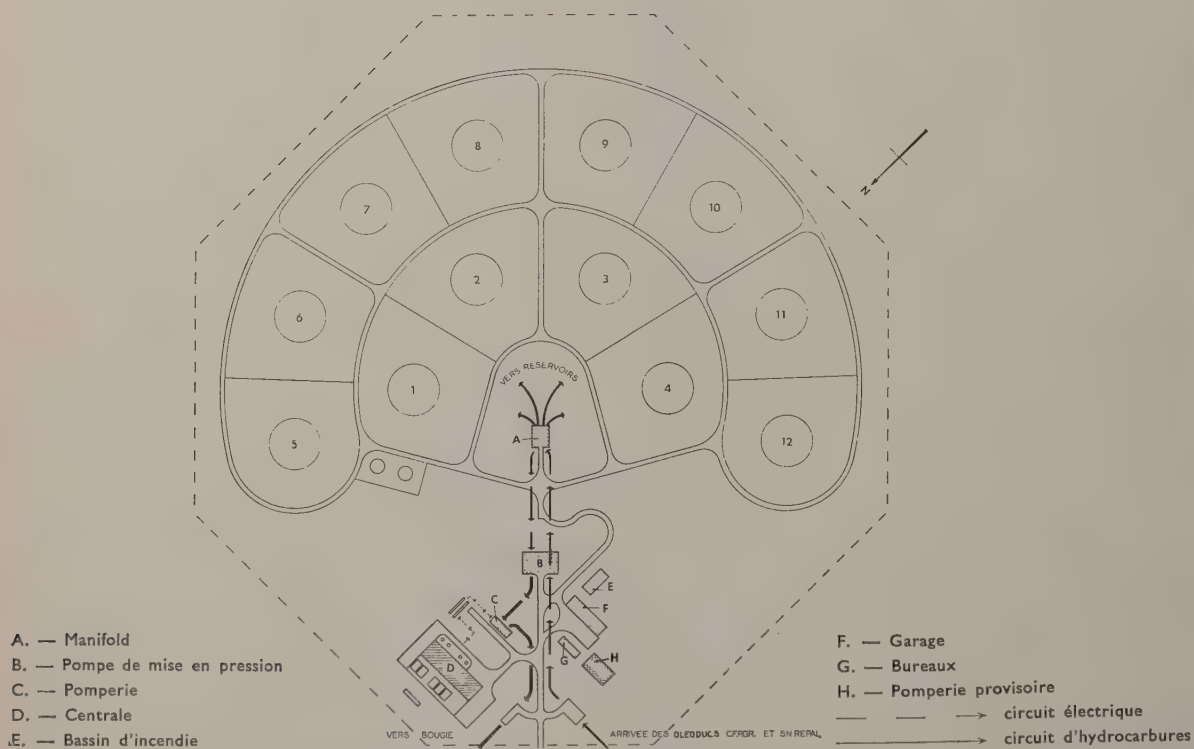


FIG. 6. — Oléoduc Hassi-Messaoud-Bougie — Terminal départ.
Station de pompage n° 1.

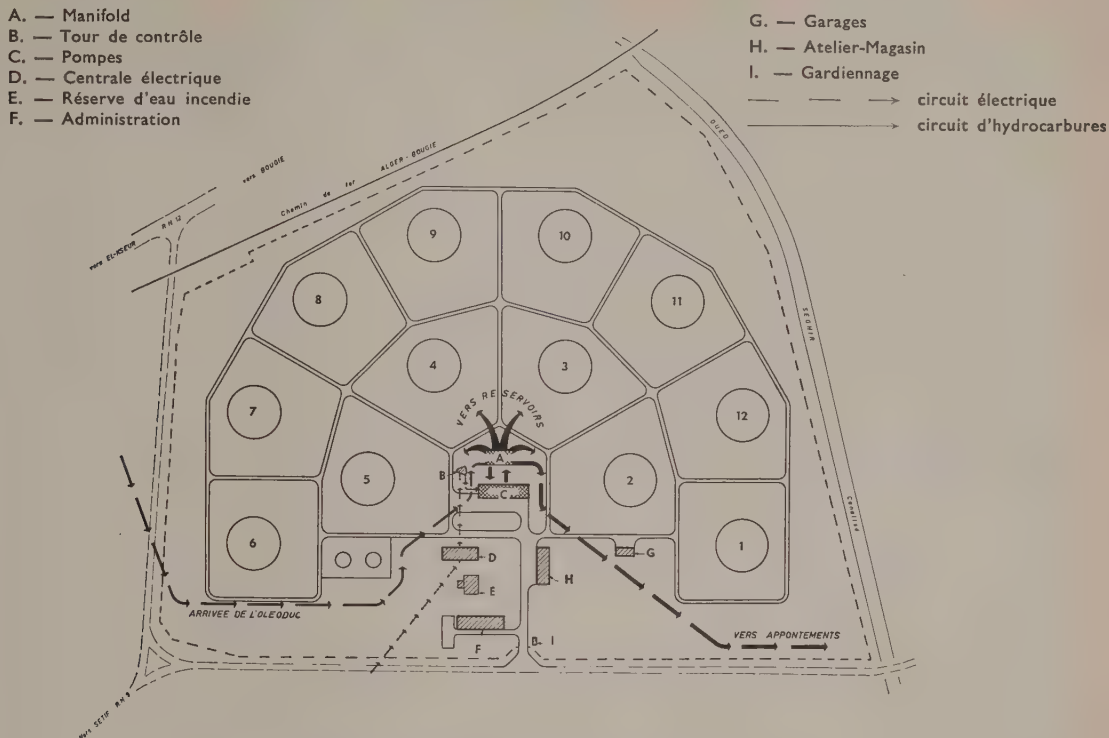


FIG. 7. — Oléoduc Hassi-Messaoud-Bougie — Terminal marin.
Réseau des tuyauteries d'hydrocarbures.

Dans le dernier stade d'exploitation, les quatre stations sont en fonctionnement, et les chiffres sont alors : 2 000 m³/h; 48 000 m³/j, ou 38 500 t/j et 14 millions de tonnes par an.

Ce diagramme hydraulique permet de déterminer l'épaisseur des tubes de notre oléoduc qui est télescopique. On peut faire en effet une économie sérieuse en dimensionnant les tubes en épaisseur en fonction de la pression qu'ils auront à supporter. Les tubes les plus minces ont un quart de pouce d'épaisseur, c'est-à-dire 6,35 mm et les tubes les plus épais ont 13/32, c'est-à-dire 9,52 mm d'épaisseur.

Cette façon de concevoir la ligne présente en contrepartie des inconvénients ; les implantations des stations de pompage doivent être définies dès l'origine et l'on n'a plus ensuite la possibilité de les modifier, ni de dépasser, sans pose de nouvelles conduites, la capacité de transport adoptée pour le dernier stade d'équipement.

Sur le plan du terminal départ (fig. 6) on peut voir les lignes par lesquelles arrive le pétrole venant des producteurs. Le pétrole de chaque ligne de collecte aboutit au pied des douze réservoirs qui constituent le stockage nécessaire entre la production et l'oléoduc.

Dans la première phase que nous réalisons actuellement, nous n'avons besoin que de quatre réservoirs,

chacun d'eux a 35 000 m³ de capacité totale, soit 32 000 m³ de capacité utile et le stockage représente huit jours de fonctionnement de l'oléoduc.

A partir de ces bacs et par l'intermédiaire d'un répartiteur (manifold), le pétrole est repris et refoulé par la station de pompage dans l'oléoduc de 600 mm (24 pouces).

Une centrale électrique importante sera construite à Haoud El Hamra. Elle utilisera du gaz naturel et sera équipée de groupes turbines à gaz-alternateurs. Cette centrale fournira l'énergie nécessaire à la pomperie électrique qui fonctionnera à partir du deuxième stade, la pomperie de premier stade étant équipée de moteurs diesel.

Le terminal arrivée (fig. 7) comporte des capacités de stockage encore plus importantes. Actuellement, nous sommes en train de réaliser les cinq premiers réservoirs qui sont de même type que ceux du terminal départ, la construction ultérieure de sept autres portera la capacité totale du dépôt à 384 000 m³ correspondant à huit jours de fonctionnement de l'oléoduc au dernier stade d'équipement. Le répartiteur (manifold) est le lieu où se croisent les canalisations d'arrivée, les canalisations des réservoirs et les canalisations des pompes. Les trois nappes de canalisations peuvent communiquer par des vannes placées à leurs intersections.

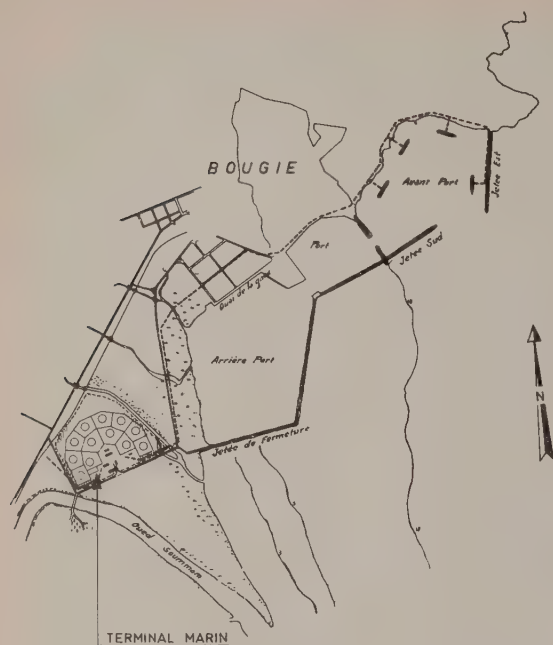


FIG. 8. — Bougie — Avant-port et terminal — Premier projet.

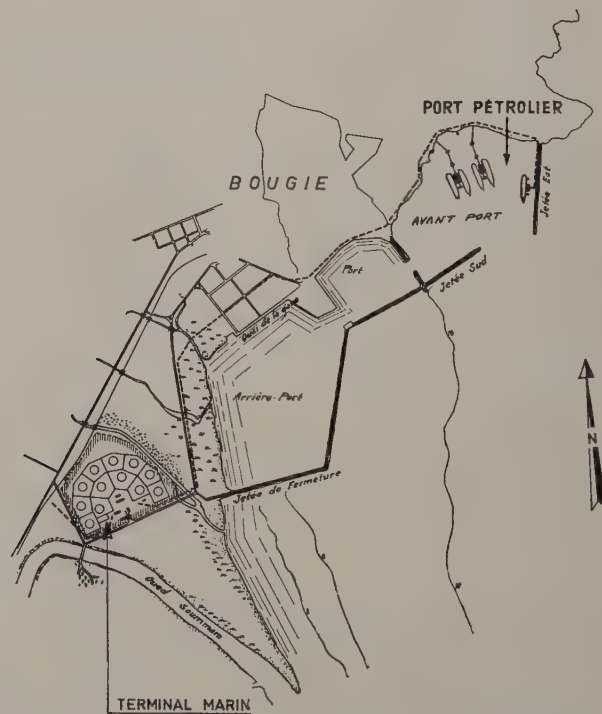


FIG. 9. — Bougie — Avant-port — Projet définitif.

- A. — Bassin d'incendie
 B. — Bureaux
 C. — Magasin
 D. — Atelier
 E. — Garage

- F. — Pompe de mise en pression
 G. — Pomperie
 H. — Contrôle
 I. — Alternateurs compresseurs

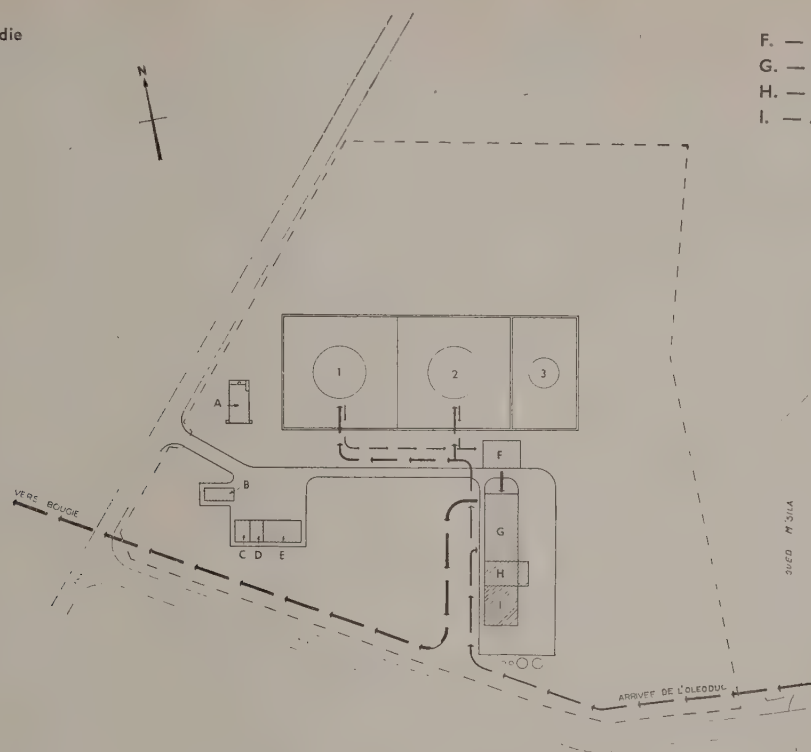


FIG. 10. — Station de pompage n° 3.

Par ce répartiteur, le pétrole est dirigé dans le réservoir qu'il s'agit de remplir. Par ce même répartiteur, le pétrole d'un réservoir est mis en communication avec la pomperie et refoulé dans les canalisations qui desservent les appontements. Stockage et pomperie sont les organes essentiels du terminal qui comporte un certain nombre d'éléments annexes. Notre terminal sera normalement alimenté en énergie électrique par le réseau général algérien, mais nous tenons à être à l'abri de toute interruption de service et nous avons ici une centrale de secours qui sera équipée de deux groupes générateurs à pistons libres et de turbines Alsthom.

Comme autres éléments, citons :

- un réservoir d'eau contre l'incendie ;
- un bâtiment d'administration ;
- un bâtiment atelier-magasin-garage.

Sur le plan d'ensemble de Bougie (fig. 8) on voit le terminal et l'avant-port qui va être utilisé pour le chargement des pétroliers. Entre les deux il y aura des canalisations de 800 mm (32 pouces) qui permettront d'obtenir un chargement rapide des navires-pétroliers (tankers).

Comme on peut le voir sur la figure 8, il y a eu un premier projet qui consistait à avoir des appontements sensiblement parallèles au rivage. Ce projet est actuellement remplacé par un projet de môle perpendiculaires au rivage, suivant un schéma analogue à celui de Lavéra (fig. 9). Le premier poste d'accostage est en construction le long de la jetée est. Un môle viendra s'y ajouter qui comportera deux postes d'accostage. On pourra éventuellement construire un second môle d'où la possibilité de porter à cinq le nombre des navires en chargement.

On admet que, pour un port bien aménagé, la capacité de chargement d'un poste est de l'ordre de 5 millions de tonnes par an. Nous pensons donc que notre oléoduc dont la phase finale correspond à 14 millions de tonnes, pourra être desservi par l'appontement de la jetée est et les deux postes du premier môle.

En présentant le plan de la station de pompage intermédiaire, qui porte le n° 3 (fig. 10), je dois expliquer la numérotation un peu bizarre de nos stations. Nous avons quatre stations qui sont numérotées 1, 2 bis, 2 et 3. Cela résulte de raisons historiques ; à l'origine nous avions en projet un oléoduc comportant seulement trois stations, 1, 2 et 3. Quand le projet a été modifié pour passer à un projet à quatre stations, il a paru opportun

de conserver le nom de station n° 3 pour la station de M'sila, qui était déjà implantée et en cours de construction.

Le schéma d'une station est simple. Un piquage sur la ligne d'arrivée conduit le pétrole jusqu'aux groupes motopompes installés dans un bâtiment qui contient également la salle de contrôle et la salle des groupes électrogènes. Dans la station sont installés des réservoirs tampons qui permettent au cas où le débit de départ n'est pas égal au débit d'arrivée, par suite d'un incident quelconque, d'absorber la différence. Ces réservoirs reçoivent le pétrole par l'intermédiaire de soupapes.

La station comporte également un bâtiment possédant quelques bureaux, puis un garage et un atelier.

Cette station est implantée à proximité de la Ville de M'sila en bordure de l'Oued Ksob.

PROGRAMME D'ÉTUDE ET D'EXÉCUTION

Je vais maintenant vous dire quelques mots de la façon dont s'est déroulée, pour nous exécutants, la gestation de ce projet et les mesures d'exécution qui ont été prises. Puis je vous parlerai de l'étude du tracé et je ferai ensuite le point de l'état d'avancement actuel des travaux.

Les premières décisions à prendre l'ont été en mars 1957; il s'agissait d'abord de retenir les tubes, car sans tubes il est difficile de faire un oléoduc.

La seconde décision a été celle de la commande d'une grande partie du matériel de pose, car là encore les délais et les difficultés d'obtention de devises étaient considérables et il fallait s'y prendre de très bonne heure. Cette décision de commande du matériel de pose a été prise en réalité au cours de l'été 1957.

Au dernier trimestre 1957, il a fallu passer la commande de tout le matériel principal : les moteurs, les pompes, les vannes; et il a fallu également passer les marchés principaux qui concernent le terminal de Bougie, les deux lots de pose, de l'oléoduc, lot sud et lot nord, et les différentes stations de pompage.

Je viens de parler du lot sud et du lot nord; ceci mérite quelques explications. Le travail de pose du tube a été divisé en deux lots; deux lots qui sont extrêmement différents notamment par la nature du terrain. Le lot sud, qui va d'Haoud El Hamra jusqu'à 40 km de M'sila, comporte un terrain très régulier, sans autres particularités que quelques parties rocheuses et les deux oueds dont je vous ai parlé tout à l'heure; c'est par conséquent un lot qui doit pouvoir s'exécuter à très grande vitesse et où le problème de la logistique prend une importance considérable.

Par contre, c'est un lot qui s'exécutant très vite et présentant une grande longueur — 445 km — nécessitait des moyens puissants. Il était absolument indispensable de l'équiper avec du matériel neuf et des camps mobiles très largement conçus.

Le lot nord, au contraire, se développe dans un terrain à la topographie très difficile. C'est également une

région où les intempéries sont plus importantes et où la boue est un ennemi non négligeable; il nécessite des travaux préparatoires très importants, et l'on peut dire que dans ce lot l'exécution des points spéciaux et des terrassements prend le pas sur le problème de pose du tube proprement dit.

Ce lot de 215 km de longueur comporte la traversée de la chaîne des Bibans, près des Portes de Fer, où la pose de la conduite se rapproche énormément de la pose d'une conduite forcée en montagne; il comporte également un très grand nombre de traversées d'oueds, en particulier cinq traversées d'un oued qui n'est pas particulièrement commode, c'est l'Oued Soummam.

Le planning d'exécution de ces deux lots doit s'effectuer à peu près parallèlement. Il devait commencer à l'automne 1958 de façon à se terminer au début de l'été 1959. La vitesse correspondante estimée était de 50 km/mois, pour le lot sud, de 25 km/mois pour le lot nord.

Je passerai maintenant aux études du tracé qui ont évidemment comporté, surtout dans les circonstances traversées actuellement par l'Algérie, des difficultés assez sérieuses. Il a fallu d'abord, au cours de l'année 1957, en définir les grandes lignes. C'est à ce moment-là que tous les choix difficiles ont été faits, en particulier celui du tracé dans la région des chotts, près de Touggourt. Il est évidemment peu indiqué de placer un tube en plein chott; cependant, la région de Touggourt en est parsemée et il a fallu trouver un tracé qui les écorne le moins possible.

Une autre question importante était posée par le chott el Hodna. On ne pouvait songer à le traverser, il fallait le contourner par le sud-ouest ou par le nord-est. Il est apparu que le contournement par le nord-est était beaucoup plus favorable.

Il y avait également le problème du franchissement des Monts du Hodna, qui a fait l'objet de plusieurs reconnaissances préalables avant de recevoir une solution acceptable.

Une fois les grandes lignes du tracé définies, le soin de le piqueter a été confié à une entreprise qui devait, en même temps que le plan topographique, relever le parcellaire des terrains à acquérir. Ces travaux sont très difficiles, étant donné les circonstances et aussi la complexité du régime foncier en Algérie. Malgré toutes ces difficultés, ils ont pu s'exécuter de façon à peu près convenable, de février à fin août 1958.

Parallèlement à ces travaux topographiques, on a naturellement suivi la procédure administrative d'expropriation, qui a commencé par une déclaration d'utilité publique, que nous avons obtenue le 4 août 1958 pour l'Algérie et le 22 novembre 1958 pour le territoire du Sahara. A cette déclaration d'utilité publique font suite les enquêtes parcellaires qui sont en cours et les arrêtés d'expropriation. Il faut noter que dans la majorité des cas, les acquisitions pourront se traiter à l'amiable et que le recours à l'expropriation proprement dite sera assez exceptionnel.

Une des batailles que nous avons dû également mener cette année, a été la bataille des tubes. Au départ, nous avions un programme (planning) de tubes établi

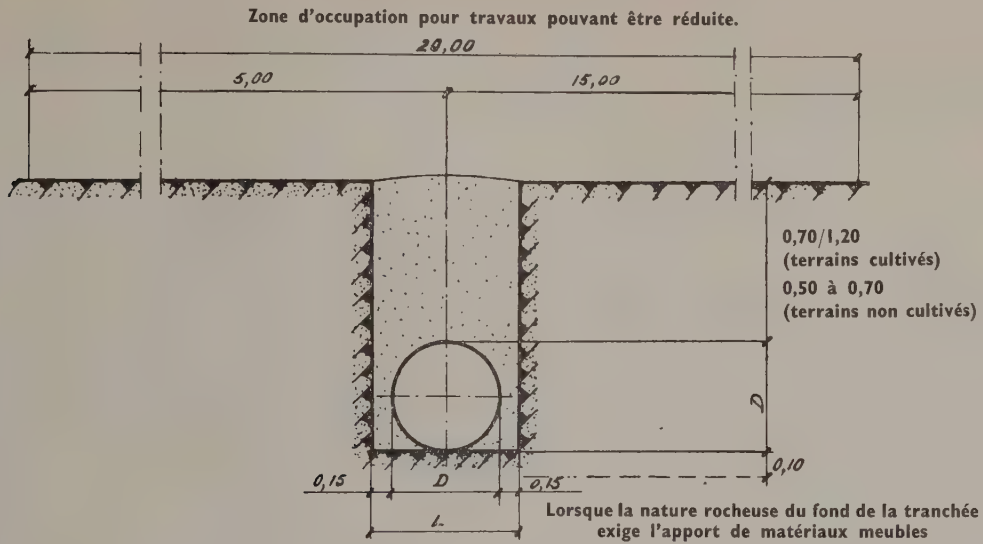


FIG. 11. — Oléoduc en terrain courant.

par les fabricants et qui nous permettait sans aucune difficulté d'alimenter les chantiers à partir du mois d'octobre 1958. Malheureusement, ces programmes (planing) ont été bouleversés par un certain nombre d'imprévus et nous avons bien cru, au cours du printemps 1958, que nous serions empêchés de faire le démarrage à la date prévue, du fait de l'absence de tubes. Heureusement, une sorte de miracle s'est produit et nous avons pu obtenir l'autorisation de faire fabriquer des tubes en Allemagne, avec des tôles de fabrication française. Ce dépannage nous a permis d'assurer l'approvisionnement à peu près normal de nos chantiers.

Actuellement, il faut noter que nous avons trois usines françaises qui travaillent uniquement pour nous et qui par conséquent sont actuellement sur le point de nous inonder de tubes, alors qu'il y a deux mois nous étions en train de chercher par tous les moyens à accélérer la constitution du stock nécessaire au démarrage.

Un dernier croquis (fig. 11) indique les dimensions de la tranchée nécessaire à notre oléoduc ; il faut compter 15 cm autour du tube : par conséquent, pour notre tube de 600 mm la tranchée doit avoir 90 cm de large. Nous avons pris comme règle, dans les régions habitées, de mettre le tube sous une épaisseur de 1,20 m de terre, ce qui conduit à des tranchées de 1,80 m de profondeur.

Naturellement, dans les régions rocheuses (fig. 13) nous sommes amenés à faire quelques économies et nous réduisons la couverture à 70 cm. Une des précautions importantes dans les régions rocheuses est de poser le tube dans un matériau meuble, en principe du sable, de façon à éviter que le revêtement soit détérioré par des débris rocheux.

Je vais terminer en vous donnant le point actuel des travaux et en vous faisant passer quelques photographies qui vous permettront de voir où nous en sommes.

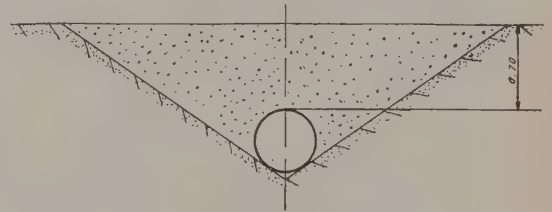
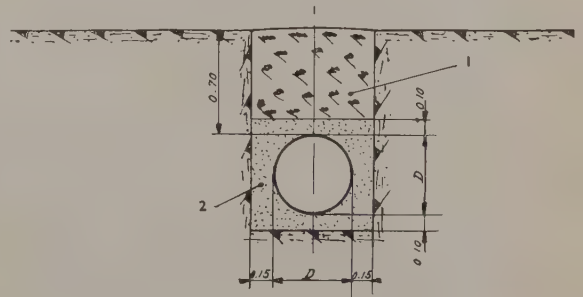


FIG. 12. — Oléoduc posé dans le sable.



1. Gros éléments
2. Apport de matériaux meubles

Nota. — Pour oléoduc posé dans le reg, profil identique à celui de la figure 11.

FIG. 13. — Oléoduc posé en terrain rocheux.



FIG. 14. — Terminal de Bougie.

Une vue du terminal de Bougie vous permet de voir que nos cuvettes sont étanches, puisque la pluie qui est accumulée y fait de véritables lacs (fig. 14).

Trois réservoirs sont en cours de montage. L'un a atteint sa hauteur définitive; il doit être terminé fin janvier, et être essayé aussitôt. Ces essais présentent d'ailleurs un caractère un petit peu délicat, car on se trouve dans cette région sur un sous-sol de très mauvaise qualité et le laboratoire qui a étudié la question ne nous a pas caché que nous aurions des tassements considérables. L'essentiel est que ces tassements soient uniformes. On s'attend à ce qu'ils soient de l'ordre de 40 cm, ce qui pour une construction de cette importance n'est pas extrêmement rassurant.

Les travaux du port sont en pleine activité; les dragages sont en cours dans le port de Bougie. L'emplacement du premier poste à quai a été arrêté et l'entrepreneur chargé de sa construction est à pied d'œuvre, avec son matériel et ses palplanches, les travaux vont commencer incessamment.

Les travaux de pose des canalisations de liaison entre le terminal et les postes à quai doivent commencer dans les premiers jours de février 1959.

En ce qui concerne le lot nord, l'été a été consacré surtout à l'étude complémentaire des points spéciaux et à un certain nombre de travaux préparatoires des traversées de la Soummam. Toutefois, une première traversée de la Soummam a été achevée et une seconde a été très avancée, de façon qu'elle puisse se réaliser dans les meilleures conditions à la baisse des eaux, au printemps prochain.

En ce qui concerne le cirque lui-même, il a démarré le 19 novembre dernier et il a exécuté à ce jour une quinzaine de kilomètres. Ce n'est pas tout à fait conforme au programme (planning) mais pour un démarrage c'est tout de même assez satisfaisant.

Nous passons maintenant à M'sila, à la station de pompage n° 3. Sur la vue aérienne (fig. 15), on voit surtout les bâtiments qui constituent le camp provisoire de l'entreprise chargée des travaux. On remarque aussi l'excavation du bâtiment de la pomperie et l'emplacement des deux réservoirs principaux de 8 500 m³.

Je ne vous ai pas dit tout à l'heure que, sur le lot sud, nous employons une machine automatique américaine d'assemblage par deux (dobble-jointing). Tous les tubes reçus actuellement à Touggourt, sont soudés

par deux à l'aide de cette machine avant d'être transportés en fardier sur le tracé. La machine exécute d'abord la soudure extérieure du joint, puis une soudure intérieure qui nécessite qu'un ouvrier soit introduit dans le tube ; le tube ayant 12 m de long, il faut parcourir 12 m à l'intérieur du tube afin de guider l'électrode de soudure ; un chariot perfectionné permet sans trop de difficulté de réaliser cette opération (fig. 16 et 17).

Le point des travaux sur le lot sud est le suivant :

La piste a été exécutée du kilomètre 0 au kilomètre 40 et du kilomètre 150 au kilomètre 205, y compris à peu près 40 km de tranchée rocheuse, qui se trouve sur ce parcours.

La soudure par deux (doble-jointing), a été exécutée sur 140 km de tubes ; le bardage des tubes a été exécuté sur 135 km du tracé. La soudure en place est terminée sur 75 km. Le revêtement est terminé sur 70 km, et le

tube mis en fouille sur 70 km. Etant donné que les travaux ont commencé le 15 novembre, il n'y a pas lieu de se montrer trop inquiet.

A Haoud El Hamra qui est le terminal départ, les terrassements généraux ont été commencés en septembre et sont déjà assez avancés pour permettre le montage de deux réservoirs qui est en cours. Le Génie civil de la pomperie va commencer ainsi que celui de la centrale électrique.

Tous nos efforts sont par conséquent tendus, actuellement, pour arriver au cours du dernier trimestre de l'année 1959 à faire couler le pétrole d'Haoud El Hamra jusqu'à Bougie.

Je vais maintenant vous faire passer un film qui vous montrera la construction du bébé oléoduc et qui vous fera toucher du doigt les différentes opérations dont je vous ai parlé d'une façon un petit peu trop abstraite, peut-être.



FIG. 15. — Vue aérienne de la station de pompage de M'Sila.

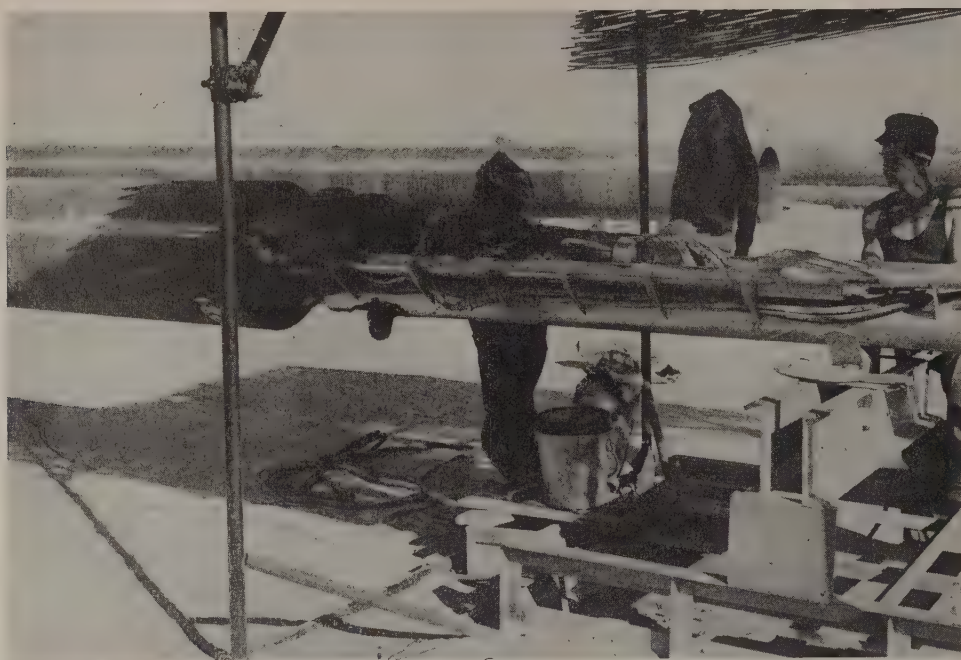


FIG. 16 et 17. — Soudage intérieur et extérieur des tubes par deux avant transport sur le tracé.

SIX CENT MILLE PIEDS — SIX POUCES

D'un point, jusqu'ici inconnu, du Sahara, un message parvient à Alger : « M D 1 à Directeur Repal Alger importante couche imprégnée non traversée à 3 400 m. »

Du jour au lendemain, Hassi Messaoud va devenir célèbre. Les efforts des prospecteurs sahariens ont été couronnés de succès : le pétrole jaillit dans le grand désert.

Mais ce pétrole, il s'agissait de l'évacuer jusqu'à la mer. Avant d'entreprendre les travaux d'installation du gros oléoduc qui relierait les puits d'Hassi Messaoud à la côte algérienne, les techniciens décidèrent de construire, à titre expérimental, un oléoduc de faible section qui transporterait le brut jusqu'à Touggourt, d'où il serait ensuite acheminé par wagons-citernes sur Philippeville. Cet ouvrage permettrait à la fois de rôder les équipes et d'apporter dans le plus bref délai du pétrole saharien aux raffineries françaises.

C'est ainsi que l'oasis de Touggourt vit arriver les premiers éléments de l'oléoduc, des tubes de six pouces, soit 150 mm de diamètre, et de 12 m de longueur, usinés dans la métropole. Le premier problème à résoudre avait été celui du transport en plein désert des quelque quinze mille tubes nécessaires à l'établissement de la canalisation, longue de 170 km.



FIG. 1. — Bardage des tubes.



FIG. 2. — Nettoyage intérieur des tubes au moyen d'un hérissé avant soudure.



FIG. 3. — Alignement des tubes (dans le fond, réservoirs d'Hassi-Messaoud).

On appelle bardage, l'opération qui consiste à déposer les tubes sur le tracé idéal de l'oléoduc, que l'on voit ainsi s'inscrire d'abord en tirets d'acier sur le sable du désert.

Les équipes de soudeurs constituent en quelque sorte, les commandos de pointe des bataillons motorisés de l'oléoduc. Chaque tube est présenté à l'extrémité de la ligne déjà soudée et posé sur des cales qui permettent de faire la soudure dans de bonnes conditions.

Les deux extrémités sont réunies par un dispositif appelé clamp qui assujettit exactement les orifices, avant que la soudure à l'arc électrique soit exécutée.

Dès que les premiers points de soudure fixent les deux tubes, on enlève le clamp. Après la première passe, on procède à une deuxième passe, puis à une troisième qui remplit complètement le vide entre les deux chanfreins. Chaque passe est meulée avant la passe suivante.

L'oléoduc Hassi-Messaoud-Touggourt a été posé par deux groupements d'entreprises opérant chacun



FIG. 5. — Bardage des tubes.



FIG. 6. — Soudure de première passe.



FIG. 4. — Cintrage des tubes.



FIG. 7. — Soudure de première passe. Meulage du chanfrein.



FIG. 8. — Soudure de première passe.



FIG. 10. — Meulage de la soudure entre la première et la deuxième passe.



FIG. 13. — Préparation du tube avant revêtement.

sur un lot de 85 km. Ces groupements avaient adopté pour leurs véhicules une couleur spéciale : le rouge pour G. R. E. P. opérant sur le lot Touggourt-square Bresson et le jaune pour S. O. C. O. M. A. N. chargé du lot square Bresson-Hassi Messaoud.

Derrière les équipes de soudeurs, s'avançaient les unités motorisées, chargées des opérations de préparation (priming) et d'enrobage (coating).

La préparation (priming) est l'opération qui consiste à appliquer sur le tuyau, préalablement nettoyé et poli, la première couche d'impression formée d'un produit à base de brai de houille.

Quant à l'enrobage (coating), il consiste à appliquer une couche épaisse de brai sur le tube et à revêtir ce dernier de bandelettes comme une momie.

Étant donné les fortes pressions que l'oléoduc supporte en service, la qualité de la soudure est un élément essentiel qui fait l'objet de contrôles mul-

tiples. L'homologation des soudeurs est déjà une épreuve sévère, renouvelée périodiquement. En outre, la qualité de leur travail est constamment surveillée.

La ligne est partagée en tronçons de quelques centaines de mètres de longueur, soumis successivement à une pression d'air d'environ 8 kg. Pendant

ce temps, chaque joint soudé est examiné attentivement après avoir été enduit d'un liquide à forte tension superficielle qui permet de déceler la moindre fuite.



FIG. 11. — Brossage de la soudure entre la seconde passe et la finition.



FIG. 14. — Machine de préparation (priming). Enduit d'impression.

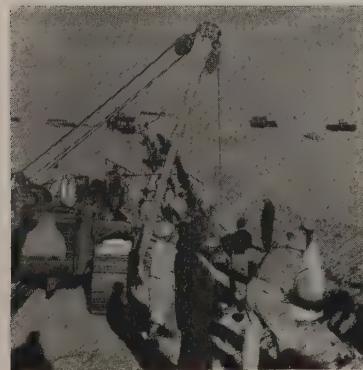


FIG. 9. — Ensemble des postes de soudure.

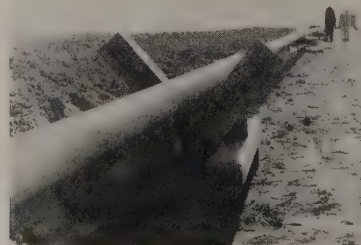


FIG. 12. — Tube soudé avant revêtement.



FIG. 15. — Enrobage (coating) du tube.

De violents coups de marteaux appliqués sur le tube à l'endroit de la soudure permettent d'éprouver la résistance aux chocs.

On vérifie aussi l'efficacité du revêtement anticorrosif, au moyen d'un appareil de détection dénommé « balai électrique » qui vérifie l'isolement du tube sous une tension déterminée.



FIG. 16. — Enrobage (coating) du tube.



FIG. 17. — Machine d'enrobage (coating) pour le revêtement.



FIG. 18. — Machine d'enrobage (coating) pour le revêtement.



FIG. 19. — Détail des brosses et couteaux de la machine de préparation (priming).



FIG. 20. — Défonçage de l'axe de la tranchée en terrain rocailleux au moyen de la défonceuse (ripper).



FIG. 21. — Remblaiement de la tranchée.

En outre, des prélèvements sont effectués sur un certain nombre de soudures pour en tester la qualité. Ces prélèvements après découpage en barreaux sont soumis à un essai de traction en présence et sous la responsabilité du contrôleur qui prescrit, le cas échéant, des essais complémentaires.

Si le travail a été bien exécuté, la rupture doit se faire dans la masse de l'acier et non à l'endroit de la soudure.

L'adhérence se contrôle elle aussi en effectuant des prélèvements : ce sont des petits carrés échantillons de 5 cm de côté que l'on découpe dans la gaine. La place laissée vide est soigneusement remplie de brai.

L'ultime test consiste à essayer l'ensemble de la ligne sous pression de 98 kg.



FIG. 22. — Soudure de raccordement, meulage de chanfreins.



FIG. 23. — Raccordement de deux tronçons. Ajustage des tubes avant soudure.



FIG. 24. — Soudure de raccordement de deux tronçons.



FIG. 25. — Essai à l'air pour vérification des soudures.



FIG. 26. — Essai à l'air. Examen des soudures passées à l'eau savonneuse.



FIG. 27. — Essai à l'air. Martelage des soudures.

L'oléoduc ne suit pas, bien entendu, un tracé rigoureusement rectiligne. Les dénivellations du terrain obligent parfois à cintrer les tubes. L'opération est effectuée à froid, directement sur le chantier. Elle est exécutée toujours avant la soudure du tronçon.

Au passage des routes ou des voies ferrées, la canalisation doit être doublée d'une gaine en acier comme ici, ou, dans certains cas, d'une gaine en béton armé. Cet oléoduc est ainsi à l'abri de toute cassure ou perforation possible, résultant du trafic des camions ou des trains.



FIG. 28. — Contrôle du revêtement au « balai électrique ».



FIG. 29. — Prélèvement pour essais de traction. Découpage des barreaux par oxycoupage.



FIG. 30. — Essais de traction sur barreaux de prélèvement de soudure.

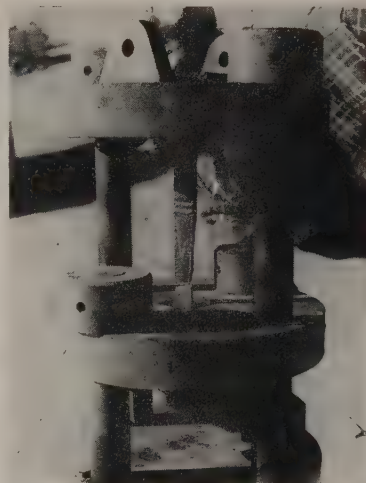


FIG. 31. — Essais de traction sur barreaux de prélèvement de soudure.



FIG. 32. — Prélèvement d'enrobage.



FIG. 33. — Prélèvement d'enrobage, examen de la texture.

Au moment du raccordement des deux tronçons, il reste toujours un excédent de tube à couper. C'est alors qu'intervient ce qu'on appelle en argot de métier « la bicyclette ». La « bicyclette », en termes plus nobles « oxydécoupeur-coupe-tubes » agit avec la promptitude et la précision

d'un couteau bien affûté découpant une tranche de saucisson.

Il ne reste plus qu'à présenter face à face les orifices des deux tronçons, et à procéder, comme nous l'avons vu précédemment, à la soudure, travail qui sera vérifié avec une particulière attention.



FIG. 34. — Prélèvement d'enrobage, opération par coulage de brai.



FIG. 35. — Traversée de route sous gaine métallique.



FIG. 36. — Oxydécoupeur dit « bicyclette ».



FIG. 37. — Gabarit de vérification du diamètre intérieur du tube.



FIG. 38. — Nettoyage intérieur du tube au moyen d'un hérisson.



FIG. 39. — Tracé de la piste.

Dans tous les secteurs de cette tâche multiple, les diverses équipes du désert opérèrent avec une entente et une coordination des efforts remarquables. L'esprit d'émulation qui animait ouvriers et techniciens conféra à cette œuvre collective le caractère d'une performance sportive. Il s'agit bien ici de record, puisque la pose de cette canalisation, commencée au début d'octobre 1957, s'achevait dans les premiers jours de décembre.

Pour pouvoir effectuer un travail de cette envergure sur un terrain vierge, d'importantes opérations de terrassement sont nécessaires.

Il faut, avant toute chose, aménager une piste qui permette le passage des véhicules les plus lourds. Il faut ensuite creuser la tranchée où sera enfoui l'oléoduc. C'est un travail qui paraît ici relativement aisé, mais le désert n'est pas fait seulement d'étendues de sable.

Parfois, la tranchée est creusée avant la pose des tubes sur les chevalets, d'autres fois après, selon le plan de coordination adopté par le groupement.

Enfin, le long tuyau soigneusement emmaillotté est déposé délicatement dans son berceau, et il ne reste plus qu'à rabattre la couverture, c'est-à-dire le talus sur lui.

Mais la pose d'un oléoduc ne suffit pas à résoudre le problème de l'évacuation du pétrole. Il fallait aussi construire au départ et à l'arrivée des parcs de stockage.

A Hassi Messaoud, source du futur fleuve, la SOPEG établit un parc composé de bacs faits de plaques d'acier boulonnées et d'une contenance individuelle de 800 m³.

Le parc du terminal à Touggourt, où la voie ferrée devait prendre la relève de la canalisation, fut également équipé de réservoirs boulonnés.

Tous ces travaux, comme ceux de la pose de l'oléoduc, furent exécutés par les équipes d'ouvriers, chaudronniers et peintres dans des délais records.

Enfin, dernière étape de cette première route africaine du pétrole, les bacs de Philippeville, d'une capacité totale de 33 400 m³, destinés à stocker le brut au terme de son voyage par voie ferrée, avant son embarquement sur les pétroliers (tankers).

Il s'agit cette fois de bacs soudés.



FIG. 40. — Réservoirs à Hassi-Messaoud.

Ce vaste ensemble une fois mis en place, une dernière opération allait lui permettre de fonctionner : le raccordement de la source de pétrole au premier élément du système d'évacuation les réservoirs de la station SOPEG.

Les pompes de refoulement étaient prêtes à entrer en action.

Le feu vert allait être donné, ouvrant le passage au premier flot de pétrole brut qui, depuis l'origine des temps, ait jamais circulé par la volonté des hommes, à travers le Sahara.

Ce fut en vérité une minute solennelle, une minute que nous n'hésiterons pas à qualifier d'historique.

Entre le moment où l'arbre de Noël de M D 1 avait surgi des sables et cette minute-là, un an et demi à peine s'était écoulé.

C'est à M. Colot, Directeur Général de la S. N. REPAL, que revient l'honneur, bien mérité, d'ouvrir les vannes de M D 1, libérant ainsi une énergie enfouie depuis des millénaires et qui allait être enfin récupérée par ce XX^e siècle si avide de pétrole.

Cette première évacuation expérimentale du brut saharien vers la côte comportait, nous l'avons dit, une étape ferroviaire, le train devant prendre à Touggourt le relais de l'oléoduc. Mais la voie normale à écartement de 1,44 m, se terminait à Biskra. Entre Biskra et Touggourt la voie secondaire avait été établie à l'écartement réduit de 1 m. Afin de permettre le trafic pétrolier, les Chemins de Fer Algériens réalisèrent à la fin de 1957 l'élargissement du tronçon Biskra-Touggourt.

Ainsi, les convois de wagons-citernes pourraient assurer la liaison entre Touggourt et Philippeville, tandis que la voie ferrée élargie permettrait en sens inverse, d'alimenter régulièrement les chantiers sahariens.

Après la traversée du Massif d'El Kantara, le premier train du pétrole parvenait à la côte, à Philippeville où commençait la dernière étape sur la Route des Raffineries Françaises : la voie maritime.

Ce port actif, dont le trafic commercial avait été jusqu'alors assuré surtout par les ressources agricoles de l'arrière pays offrait le premier l'aspect qui sera demain celui des ports pétroliers d'Algérie. Désormais, la station de dépotage allait permettre, par l'intermédiaire d'un oléoduc portuaire, de transvaser dans les pétroliers le brut arrivé à bon port après avoir emprunté des moyens divers.

Dès l'arrivée, on procède à la mise à la terre des wagons-citernes pour écarter les risques d'incendie susceptibles d'être provoqués par l'électricité statique.

Alors commence le cérémonial traditionnel des ports pétroliers.

Les flexibles de raccordement sont vissés à la bouche inférieure des citernes.

Et voici qu'arrive le douanier réglementaire. A son tour de se soumettre à la loi qui veille aux frontières du pétrole.

La douane procède à la vérification du contenu de chaque wagon, en faisant jauger le niveau du pétrole.

Mais le niveau ne suffit pas à indiquer le volume exact : il faut encore prendre la température du liquide pour déterminer ce volume avec précision. Tout est en règle avec l'Administration. On peut ouvrir les vannes de vidange.

Le chargement du premier pétrolier, porteur des bruts sahariens, a été considéré comme un moment historique.

C'est le pétrolier « Président Meny » (nom du Président de la Compagnie Française des Pétroles, héros de la résistance, mort en déportation) qui effectua la traversée inaugurale de Philippeville à Lavéra.

Un pétrolier ne navigue jamais à vide. Avant chargement il rejette donc à la mer les eaux polluées qui lui ont servi de lest. C'est ce qu'on appelle le déballastage.

Après quoi, le pétrole est refoulé dans ses flancs à travers la canalisation reliant le dépôt du port au poste de chargement sur lequel est branché le navire.

Un échantillon est prélevé dans les réservoirs à terre. Cacheté par les soins du chargeur, il sera remis au réceptionnaire.

Les opérations de chargement et de contrôle terminées, le « Président Meny » pouvait appareiller pour rallier le port de Lavéra. Désormais la preuve était faite, le champ pétrolifère d'Hassi-Messaoud pouvait alimenter les Raffineries Françaises.

Les équipes du désert pouvaient être fières de ce résultat dû à leur énergie et à leurs efforts.

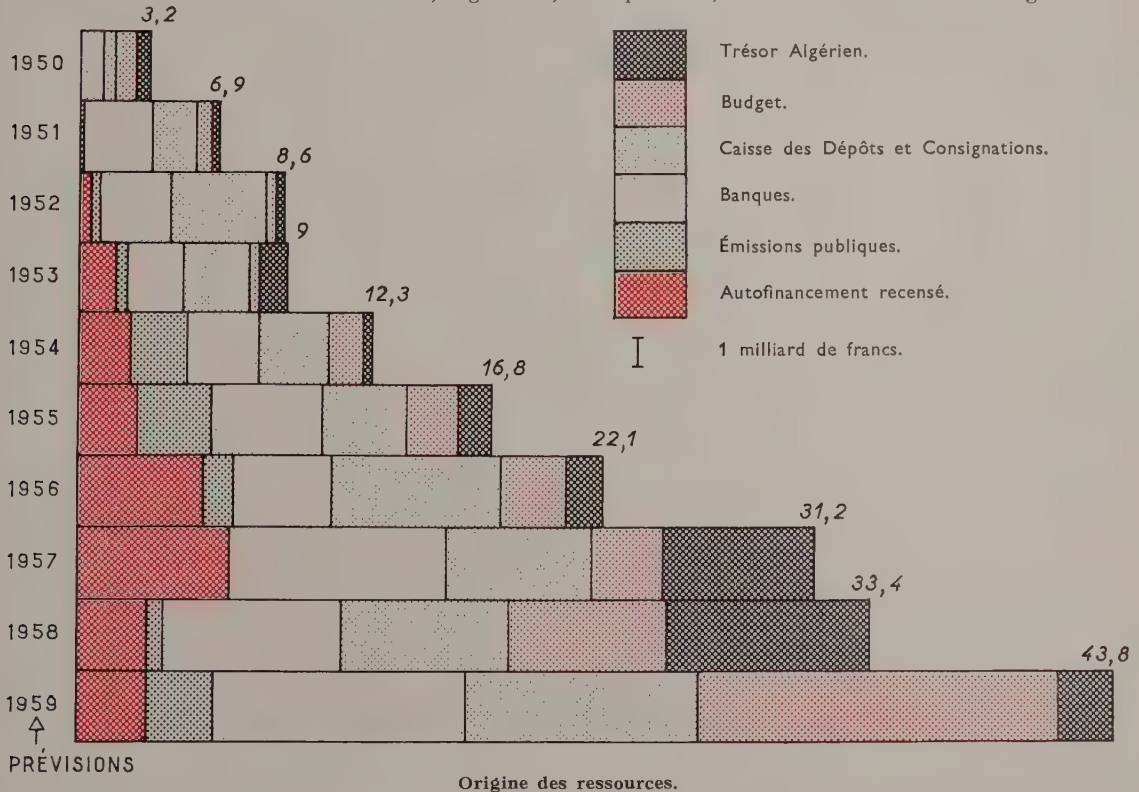
M. le Président. — *Au nom de tous je remercie M. Bouvet de son exposé à la fois si intéressant et si actuel.*

(Reproduction interdite)

Série : VARIÉTÉS, ACTUALITÉS, INFORMATIONS (12)

ENQUÊTE SUR L'HABITAT EN ALGÉRIE

ouverte à l'occasion des manifestations organisées en 1958-1959 par
L'INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS D'ALGÉRIE (I. T. E. B. A.)
les Services de l'HABITAT de la Direction des Travaux Publics et des Transports
Délégation générale du Gouvernement en Algérie, rue Berthezène, Alger
et la collaboration : des Architectes, Ingénieurs, Entrepreneurs, Fabricants de matériaux d'Algérie



VII

Conférence prononcée le 28 mai 1959, salle des Actes de l'Université d'Alger
SOUS LA PRÉSIDENTIE DE **M. L. NUNZIATO**, Inspecteur général des Services Financiers

LE FINANCEMENT DE LA CONSTRUCTION DES LOGEMENTS

par **M. R. LEROY**,

Chef de Service du Crédit à la Délégation générale du Gouvernement en Algérie

AVANT-PROPOS DU PRÉSIDENT

En ouvrant la série des conférences qui devaient constituer l'enquête sur l'habitat en Algérie, M. le Directeur des Travaux Publics et des Transports à la Délégation générale vous avait indiqué que la question de l'Aide financière à la construction serait traitée dans l'une de ces causeries : c'est l'objet de la réunion de ce soir, et c'est M. Leroy, Administrateur civil du Ministère des finances, Chef du service du Crédit à la Délégation générale, qui a été désigné pour vous entretenir de cette importante question.

Ce choix ne pouvait être meilleur puisque M. Leroy a assisté et a participé à toutes les réunions qui ont précédé la mise au point des textes ou des instructions concernant l'Habitat en Algérie. Il est à la direction générale des finances depuis de longues années, et je pense que nombreuses sont les personnes ici présentes qui le connaissent et qui ont eu l'occasion de discuter avec lui des questions de l'habitat. Aussi suis-je persuadé qu'il vous intéressera ce soir, malgré l'aridité du sujet, et je lui cède la parole,

RÉSUMÉ

Traitant du problème du financement de la construction, M. Leroy montre d'abord comment celui-ci a été à nouveau abordé après la deuxième guerre mondiale, comment les formules en usage dans la Métropole ont été étendues à l'Algérie, où prenaient en même temps naissance des procédés originaux progressivement adaptés à ses besoins particuliers.

Après avoir fait le point des résultats déjà obtenus et des possibilités actuellement offertes aux constructeurs, il indique les moyens envisagés pour les élargir et assurer la continuité du financement indispensable pour permettre dans de bonnes conditions le démarrage du « Plan de Constantine ».

Les ressources d'origine purement étatiques ayant une limite, il montre la nécessité d'un recours de plus en plus large aux capitaux privés et sollicite la collaboration de chacun à cette entreprise.

SUMMARY

Dealing with the problem of the financing of construction, Mr. Leroy first shows how it was approached afresh after the Second World War, how the formulae applied in the Metropolis were extended to Algeria where at the same time original methods arose, that were progressively adapted to its particular needs.

After having analyzed the results already achieved and the possibilities at present open to builders, he indicates the means contemplated for broadening them and ensuring the continuity of the indispensable financing to enable the « Constantine Plan » to be launched under favorable conditions.

Since there is necessarily a limit to the resources that can be furnished by the State, he shows the necessity of turning increasingly to private capital and invites the cooperation of each and every one in this enterprise.

EXPOSÉ DE M. LEROY

Dans le cadre de l'Enquête sur l'Habitat en Algérie, dont beaucoup d'entre vous suivent les conférences depuis déjà plusieurs mois, je vous parlerai ce soir du financement de cet habitat.

Si les fonctions que j'exerce depuis un certain nombre d'années pouvaient paraître, comme le disait tout à l'heure M. le Président, me prédisposer à un tel exposé, je dois dire — et je m'en excuse — que j'aurais préféré pourtant me trouver ce soir « de l'autre côté de la barricade » pour entendre les suggestions, les propositions et les demandes de ceux que l'on pourrait appeler les « consommateurs » de l'habitat. C'est justement parce que je suis peut-être trop familier de ces techniques de financement qu'il m'est moins facile de vous faire cet exposé.

D'ailleurs, un problème tel que celui du financement de l'habitat, il est presque inutile de le rappeler, est vraiment l'affaire de tout le monde et non pas d'un certain nombre de services ou de personnes : il serait vain de croire que la solution en appartient aux seuls pouvoirs publics. Et il en est de même au surplus, malheureusement, du problème de l'Équipement en général. On peut dire sans hésiter, je crois, que le pays entier y est lui-même intéressé. Sans doute certaines catégories de personnes ne peuvent-elles être que partie prenante mais toutes les autres doivent concourir à la solution de ce problème et elles en ont toutes la possibilité, aux différentes places qu'elles occupent dans la société. Vous en êtes vraisemblablement déjà tous persuadés mais si ce n'était le cas, j'aurai peut-être l'occasion de vous le rappeler.

Je tiens aussi à vous rassurer tout de suite devant un sujet qui est vaste, complexe et bien entendu — comme l'a dit tout à l'heure M. le Président — assez aride : je n'ai absolument pas l'intention d'entrer dans des détails techniques très poussés; je n'apprendrais d'ailleurs pas grand chose à la plupart d'entre vous.

L'une de nos principales préoccupations actuelles est l'avenir et le programme quinquennal que l'on appelle couramment « plan de Constantine », et je pense que vous attendez de moi l'exposé des voies et moyens que l'on imagine pour essayer de le faire passer dans les faits. Il représente en matière de construction de logements (j'éviterai de donner trop de chiffres mais il est utile d'en retenir quelques-uns) quelque 300 milliards d'investissements en cinq ans.

Avant cependant de considérer l'avenir et la façon dont on peut l'aborder, je crois utile de faire un retour sur le passé, si vous le voulez bien. Il ne faut pas minimiser en effet les efforts déjà réalisés dans ce domaine depuis de longues années, efforts importants, comme nous aurons l'occasion de le voir. C'est nécessaire aussi pour une autre raison : on a pu croire que la multiplicité des textes reflétait une évolution parfois désordonnée dans le domaine qui nous occupe; j'ose espérer que vous comprendrez mieux dans quelques instants l'évolution de la pensée et de la législation en la matière et les raisons qui ont fait apporter petit à petit telle ou telle pierre à l'édifice du financement de la construction.

Après cette première partie, nous pourrions adresser un bilan rapide des possibilités actuelles, avant de voir comment les aménager éventuellement et les étendre pour l'avenir.

Nous prendrons comme point de départ, si vous le voulez bien, la fin de la dernière guerre mondiale.

La France se trouvait alors devant le grand problème de reconstruire un patrimoine immobilier qui avait été construit dans d'importantes proportions. C'est par la loi de 1946 qu'elle entreprit cette œuvre, l'Algérie y étant comprise à la mesure, naturellement, des sinistres moins importants qui s'y étaient produits. Mais l'on commençait en même temps à prendre conscience de la nécessité de provoquer un accroissement réel de ce patrimoine.

La première idée qui vint aux pouvoirs publics fut évidemment de se tourner vers un système classique, connu, qui existait depuis vingt-cinq ans et avait déjà fait ses preuves : il s'agit, vous l'avez compris, du système des Habitations à Bon Marché, auxquelles ont succédé nos H.L.M. Ils commencèrent cependant par le rajeunir, et le nouveau départ donné aux H.B.M. date de la loi du 3 septembre 1947, considérée dès l'origine comme étant applicable à l'Algérie. Ceci vaut la peine d'être souligné si l'on se souvient que c'est en 1953 seulement que l'unité de législation entre les deux territoires fut effectivement proclamée par la loi, mais le texte de septembre 1947 ne souleva sur ce point aucune discussion, il fut dès l'abord applicable et appliqué à l'Algérie, et les organismes H.B.M. d'Algérie eurent accès à ce mode de financement exactement dans les mêmes conditions que les organismes métropolitains. Pour diverses raisons faciles à deviner, il ne put cependant porter ses fruits que quelques années plus tard, c'est-à-dire pratiquement à partir de 1950.

Je dirai ici un mot de l'évolution de ce système que tout le monde connaît. Elle se manifesta progressivement par :

- l'élargissement des possibilités d'emprunt d'abord (en dehors de la Caisse des Dépôts et Consignations par exemple);

- le raccourcissement des durées de prêt, qui étaient longtemps restées vraiment incompatibles avec un financement tant soit peu raisonnable;

- le remaniement des types enfin, qui a permis en particulier de réaliser en Algérie des programmes mieux adaptés aux besoins de cette province.

Aujourd'hui, le réseau des organismes d'H.B.M. (ou d'H.L.M.) est devenu un instrument extrêmement efficace. Il a d'autre part l'avantage de s'appuyer sur un réseau métropolitain dont le soutien n'est pas négligeable.

Ceci donc représentait seulement l'application d'un procédé de financement métropolitain classique à l'Algérie. Mais celle-ci, dès 1948, a cherché les moyens de faire un effort qui lui fût propre. Et quel pouvait-il être en matière d'H.L.M.?

Il était difficilement possible d'influer sur le volume des prêts à consentir : d'où l'idée d'influer sur, le volume des investissements en accélérant les prêts, c'est-à-dire en « anticipant » sur les prêts. Vous voyez ici comment naquit l'idée du préfinancement des organismes d'H.L.M. Le premier texte en la matière est daté de septembre 1958 : c'était l'une des premières décisions de l'Assemblée algérienne, qui instituait ce préfinancement sur un compte du Trésor déjà ouvert l'année précédente mais réservé jusqu'alors aux emprunts des communes.

Ces emprunts, d'abord limités au quart des programmes, furent dès 1950 étendus à la totalité. Pour fixer les idées, j'indiquerai que le découvert de ce compte, relevé à maintes reprises au cours des années, est actuellement de dix milliards de francs et qu'il a versé aux organismes d'H.L.M. depuis son entrée en activité (c'est-à-dire là aussi pratiquement à partir de 1950), un total de dix-huit milliards de francs. Ces chiffres, vous le voyez, sont loin d'être négligeables.

Ce fut là la première manifestation d'une politique d'habitat spéciale à l'Algérie. La seconde résultant du même texte de l'Assemblée Algérienne, était la création du Fonds de dotation de l'Habitat, maintenant bien connu. Il s'agit également d'un compte du Trésor, alimenté par des dotations budgétaires, et qui permettrait à l'origine des constructions directes par l'Algérie, l'octroi de prêts aux organismes d'H.L.M., aux collectivités publiques, etc...

L'orientation du Fonds de l'Habitat a varié à plusieurs reprises entre 1949 et 1954. On avait à choisir en somme entre deux tendances : ou bien il représenterait uniquement un financement d'appoint, complémentaire, ou bien au contraire on lui réserverait le financement principal de certaines catégories de logements ou de construction. Ces deux formules ont prévalu à tour de rôle, je n'entrerai pas dans les détails. Personnellement, j'estime que si l'on veut vraiment construire davantage de logements, il faut donner au Fonds de Dotation de l'Habitat un rôle de financement principal — nous verrons tout à l'heure que c'est la tendance actuelle.

Les deux mesures dont je viens de parler étaient pourtant insuffisantes pour assurer un véritable démarrage de la construction. Aussi naquit tout naturellement l'idée de faire appel à d'autres ressources assez peu exploitées jusqu'alors, à savoir : l'épargne privée et le crédit bancaire.

Après de nombreuses conversations, mais aussi grâce à une compréhension à laquelle nous devons tous rendre hommage, à la fois de la part des Banques, du Crédit Foncier de France et de l'Institut d'émission, prenait ainsi forme un système entièrement nouveau et original que la métropole elle-même devait copier l'année suivante : le système des prêts spéciaux à la construction, inauguré vers la fin de 1949.

Cette formule est bien trop connue pour que j'en reprenne tous les détails; je voudrais simplement rappeler très brièvement qu'elle est basée sur deux financements successifs :

- le premier est ce que nous appelons l'ouverture de crédits, simplement bancaire, d'une durée de trois ans à l'origine, susceptible d'être escompté au Crédit Foncier de France et réescompté à la Banque de l'Algérie;

- au second stade, un crédit de consolidation à long terme accordé par le Crédit Foncier.

Les deux financements sont d'ailleurs garantis par l'Algérie, la charge étant atténuée par des bonifications d'intérêts.

Évidemment, on voit tout de suite que la difficulté principale résidait — réside encore, d'ailleurs — dans la recherche des ressources à long terme de consolidation. Les conventions avaient prévu dès l'origine que le Crédit Foncier de France s'efforcerait de se les procurer, par des émissions publiques notamment; il était également prévu qu'à défaut, elles lui seraient fournies par l'Algérie — et il faut bien reconnaître que cette disposition a dû jouer depuis quelques années. Quoi qu'il en soit, ce système a tout de même provoqué un réel démarrage de la construction et c'est alors que l'on a commencé à voir s'élever en Algérie petites villas de banlieue et immeubles collectifs plus importants.

Au début, les conditions de ces prêts étaient libérales. Elles sont devenues petit à petit plus restrictives, ce qui était normal, pour permettre l'attribution, avec le même volume de capitaux, d'un plus grand nombre de prêts, — car ce fut là le souci constant des dernières années.

La réussite (il est permis, je crois, d'employer le terme) de cette tentative incita l'administration à étendre l'application de la garantie de l'Algérie. Des pourparlers furent engagés alors, en 1949 et 1950, avec certaines sociétés d'assurances pour essayer d'élargir son champ d'action. Ceci a été réalisé avec l'arrêté du 13 juillet 1950, maintenant incorporé à l'arrêté du 12 mai 1958. On a donné à cette formule le nom d'« emprunt pour la construction » uniquement pour la distinguer de celle des « prêts spéciaux à la construction ».

Il existe en effet entre elles deux différences essentielles. Dans la première, tout d'abord, les emprunteurs ne sont pas tenus d'occuper eux-mêmes le logement construit. Autre différence, la plus importante : le financement n'est pas automatiquement assuré par l'Algérie, les candidats-constructeurs devant rechercher eux-mêmes les capitalistes ou établissements financiers disposés à leur procurer des fonds, — et c'est seulement lorsqu'ils les ont trouvés qu'ils peuvent obtenir la garantie de l'Algérie et des bonifications d'intérêts. Cette recherche, malgré les avantages offerts par l'Algérie, présente bien sûr des difficultés et l'on doit reconnaître que jusqu'à présent — s'il convient de noter quelques exceptions assez importantes (notamment prêts à long terme du Crédit National, quelques prêts d'amortissement, quelques émissions publiques) — la majorité des emprunts pour la construction a été réalisée sous forme de crédit à moyen terme bancaire. C'est bien sûr une lourde charge, — nous verrons tout à l'heure comment l'on peut envisager de remédier à cet inconvénient.

A peu près dans le même temps, — et dans le souci de rechercher encore et toujours des sources de financement nouvelles — on a essayé d'intéresser les capitaux privés à la construction dans une plus large mesure. Nous avons commencé ces études de concert avec l'assemblée algérienne (cette dernière avait même voté un texte, mais il ne fut pas homologué) lorsque furent instaurées en métropole les primes à la construction.

Il nous vint bien sûr immédiatement à l'esprit d'étendre cette disposition à l'Algérie mais étant donné le but que nous recherchions — attirer les capitaux privés — nous avons dès le départ introduit une différence essentielle : ces « primes » ne devaient être accordées jusqu'à nouvel ordre qu'à ceux qui ne demandaient par ailleurs aucun financement à l'Algérie. Il s'agissait vraiment de capitaux privés sans aucune participation publique, alors qu'en métropole, au contraire, les primes et les prêts du Crédit Foncier de France étaient liés. (C'est d'ailleurs pour illustrer cette très importante différence, qui n'était pas toujours perçue par tout le monde, que nous avons en Algérie donné à ce système l'appellation, non pas de « primes », mais de « bonifications forfaitaires d'intérêts »; ce qui a parfois provoqué quelques hésitations dans les esprits.)

C'est, en effet, un versement forfaitaire au mètre carré construit qui a pour but et pour résultat d'attirer les capitaux privés en leur assurant une meilleure rentabilité.

Nous verrons plus loin les résultats de ce système, étendu par la suite à certains travaux d'amélioration et aux additions de construction.

L'ensemble de ces mesures offrait certainement un éventail assez large de possibilités mais les logements construits selon ces différents modes de financement étaient essentiellement destinés à une clientèle assez aisée.

A partir de 1952, l'orientation nouvelle va se porter à la fois et tout naturellement vers des logements plus modestes et vers l'équipement des zones rurales pour lesquelles on avait réalisé peu de chose jusqu'alors.

On décida d'abord de s'attaquer au problème très vaste des bidonvilles. Un premier arrêté en date du 2 mai 1952, et qui est toujours en vigueur, permit aux communes l'octroi de subventions pour la résorption des bidonvilles. Un autre arrêté du 23 novembre 1953 institue dans le même but un système de

garantie de l'Algérie et de bonifications analogues à celui des emprunts pour la construction. Peuvent bénéficier de cette garantie, les communes, les organismes d'H. L. M. et aussi une nouvelle catégorie de parties prenantes : certaines sociétés spécialement agréées à cet effet. C'est d'ailleurs afin de donner plus d'efficacité à des dispositions que, dans le cadre du texte de novembre 1953, a été constituée et agréée une société que tout le monde connaît : la Compagnie Immobilière Algérienne qui, à ce titre, est un peu l'ancêtre des sociétés immobilières conventionnées puisqu'elle a une convention particulière avec l'Algérie.

Cette compagnie a pu, de ce fait, en bénéficiant d'avantages particuliers, réaliser des programmes de logements très modestes répartis sur toute l'Algérie. Elle a d'ailleurs, par la suite, étendu son activité à tous les secteurs de l'habitat mais, à ce moment là, dans les conditions de droit commun.

Dans le même ordre d'idées, naissait en Métropole en 1953, le plan Courant et la conception de « logements économiques ». Ici, pas de mode de financement particulier mais des avantages spéciaux conférés aux logements ne dépassant pas certaines normes de surface ou de prix. Cette formule a été étendue à l'Algérie en 1954.

Ces avantages spéciaux consistent, vous le savez, notamment dans l'abaissement des taux d'intérêt, l'allongement de la durée des prêts à la construction et enfin l'élévation du taux des bonifications forfaitaires d'intérêt. Le succès de cette formule est incontestable : petit à petit, les logements économiques ont pris le pas sur les logements normaux.

Il restait enfin à rechercher un moyen efficace de promouvoir la construction de logements très simples dans les campagnes. Certaines tentatives, je dois le dire, ne donnèrent que des résultats limités ou décevants, je pense à la constitution de dépôts de matériaux dans les Sociétés Agricoles de Prévoyance (ils ont eu une utilité, mais très limitée) et à un système qui avait prévu l'octroi de prêts à des associations constituées dans les douars, avec apport « travail », sorte de castors des douars qui n'a eu à ma connaissance qu'une faible application.

Paradoxalement, c'est une catastrophe qui a fourni au problème un commencement de solution, je veux parler du séisme du Chélif en septembre 1954. Le Commissariat à la Reconstruction a été créé — comme son nom l'indique — pour reconstruire la zone sinistrée et il a acquis, de ce fait, une expérience fort utile dans l'édification de logements très sommaires, mais en dur, et qui constituent par rapport à l'habitat traditionnel dans les douars une amélioration très sensible.

Dans la région du Chélif, en effet, n'existaient pas d'immeubles très importants et, après le séisme, il n'était pas question de reconstruire des palaces ou des habitations très luxueuses mais plutôt des cellules très sommaires et forcément bon marché. C'est ainsi que le Commissariat à la Reconstruction est arrivé à réaliser des cellules dont le coût moyen est de l'ordre de 200 à 250 000 F.

Il nous est apparu à ce moment-là que, bien qu'il s'agisse d'un procédé pesant fortement sur les finances publiques puisque les constructions étaient faites à fonds perdus, si l'on voulait vraiment faire quelque chose dans les campagnes il fallait généraliser ce système. C'est ce qui fut fait à partir de 1955 et, à l'heure actuelle, le Commissariat à la Reconstruction, dont la tâche de reconstruction va en diminuant et qui a pris le nom de « Commissariat à la Reconstruction et à l'Habitat Rural », est en mesure de construire environ 20 000 logements sommaires en une année. Pour ces constructions, il fait appel, chaque fois qu'il le peut, aux futurs occupants sous forme d'apport travail, sous la direction de moniteurs.

Parallèlement à cette évolution, nous trouvons deux problèmes qui existaient déjà dans le passé mais commençaient à se poser avec plus d'acuité : l'entretien et l'amélioration de l'habitat, et le logement des fonctionnaires.

Sur le premier point, un rapport assez répandu émanant de l'Inspection générale des Finances avait, quelques années auparavant, attiré l'attention des pouvoirs publics sur l'importance primordiale que revêtait le problème du maintien du potentiel immobilier de la France, car, d'après les statistiques de l'époque, il se dégradait chaque année un plus grand nombre de logements qu'il ne s'en construisait. Il est, en effet, inutile d'entreprendre spectaculairement des programmes nouveaux si, dans le même temps, on laisse se détériorer les logements existants.

Diverses solutions adoptées en Métropole ne furent pas transposées en Algérie. Ici, on a choisi un système assez libéral qui a abouti à la création d'une société de caution mutuelle que certains d'entre vous connaissent, c'est la Société Algérienne de Garantie Mutuelle pour l'Entretien et l'Équipement de l'Habitat (S.A.G.M.A.H.).

Cette société est basée sur la garantie mutuelle des professionnels du bâtiment. Cette garantie des la profession permet l'octroi de crédits bancaires et la S.A.G.M.A.H. peut, avec le concours des

banques (Crédit populaire, Crédit Foncier) consentir des prêts d'une durée maximum de cinq ans pour les grosses réparations, certaines améliorations importantes et même les additions de construction.

L'Algérie intervient dans ce système en donnant des bonifications d'intérêt dont le taux a été relevé l'an dernier.

Il semble que cette possibilité soit mal connue, car, raisonnablement, l'on pouvait s'attendre à un développement assez important de ces crédits. Or, ce n'est pas la constatation que nous devons faire, ils restent à un niveau très faible et je pense que chacun de nous peut peut-être faire un effort de propagande à ce sujet afin d'atteindre à un meilleur résultat.

Je ne m'étendrai guère sur le problème du logement des fonctionnaires.

Dans la Métropole, un décret de novembre 1954 a donné une impulsion nouvelle à la construction de logements destinés aux fonctionnaires. Ce décret prévoyait un apport de 20 % de l'État, le surplus étant financé par la Caisse des Dépôts et Consignations et le Crédit Foncier de France.

En Algérie, ce problème est probablement plus aigu compte tenu du fait que la création de nouvelles circonscriptions administratives entraîne des déplacements de fonctionnaires et un apport assez considérable de cadres métropolitains. Malheureusement, il y est aussi plus difficile à résoudre parce que nous n'avons pas eu la possibilité — et ce pour une raison sur laquelle je ne puis m'étendre — de transposer en Algérie le schéma du financement métropolitain. L'Algérie fournissant 20 % sur son budget, il a fallu, pour le reste, faire appel, tout au moins provisoirement, à des procédés dont je dirai que l'orthodoxie n'était pas toujours parfaite.

Il est certain que le problème a son importance et je vous indiquerai dans quelques instants ce que nous pensons faire dans ce domaine.

Ainsi donc, fin 1954, l'éventail des possibilités d'interventions publiques est largement ouvert et si leur volume n'avait pas été limité il n'aurait pas été nécessaire de rechercher de nouvelles formules. Mais il n'en était pas ainsi et, là encore, faute de pouvoir accroître ces volumes, nous avons pensé anticiper sur les crédits futurs et appliquer le préfinancement. Alors qu'en 1948, le préfinancement était limité aux H.L.M. là, nous avons généralisé l'application de ce système.

Un arrêté de juillet 1956 a, en effet, permis de préfinancer sur les disponibilités du Trésor algérien tous les programmes d'habitat quel que soit le mode de financement définitif envisagé.

Il s'agit là, bien entendu, d'une mesure provisoire qui comporte des dangers et qui nécessite certaines précautions dans son application. Mais on ne peut s'empêcher de remarquer qu'elle a permis en moins de trois ans (elle a commencé à fonctionner effectivement en 1957) de déverser environ dix milliards supplémentaires de francs sur le marché de la construction. C'est donc là encore un acte de foi qui, je l'espère, sera couronné de succès par des consolidations plus importantes dans l'avenir.

Enfin, sans vouloir, ni d'ailleurs pouvoir, être complet dans ce raccourci, je dois tout de même citer très rapidement quelques sources annexes mais non négligeables de financement de la construction.

Tout d'abord, les collectivités publiques locales, notamment les communes, qui en dehors même des concours qu'elles peuvent obtenir de l'Algérie, comme nous l'avons vu précédemment, se sont toujours intéressées à ces problèmes et y ont consacré des fonds certainement très importants de leurs budgets. Ces fonds ont été augmentés de quelques rares possibilités d'emprunt, soit par émissions publiques, soit sous forme de prêts de la Caisse de Solidarité ou du Crédit Foncier de France.

A ce propos, je voudrais signaler une formule instituée en 1953 en Métropole et qui est maintenant abordable aux collectivités publiques algériennes, c'est ce que l'on appelle les emprunts unifiés. Cette formule est particulièrement adaptée au cas des petites ou moyennes communes qui ne peuvent accéder directement au marché. Il est difficile, en effet, pour des communes de moyenne importance d'émettre des obligations publiques : l'expérience en avait été tentée à Tizi-Ouzou sans grand succès. Mais si, par contre, ces efforts communaux se groupent en un fonds unifié géré par la Caisse des Dépôts et Consignations, ce qui donne toute garantie aux souscripteurs, l'accès au marché est singulièrement facilité. Or, à l'heure actuelle, les collectivités algériennes peuvent prétendre aux emprunts unifiés. Ceux-ci peuvent avoir pour objet la construction de logements et le premier emprunt unifié lancé en Algérie — il y a environ un mois/un mois et demi — avait précisément cet objet. Je pense que c'est là une formule qui, dans l'avenir, devra être développée et répandue.

D'un autre côté, les employeurs ne pouvaient pas se désintéresser du logement de leur personnel et ils ont édifié de nombreux logements sur leurs propres capitaux. (Les sociétés minières, par exemple.)

Dans d'autre cas, et plus généralement, ils ont facilité l'accession de leurs employés à la propriété en les mettant à même de fournir l'apport personnel que l'on exige habituellement des candidats à la construction.

Ici, je crois pouvoir dire que l'Algérie a donné l'exemple en créant en faveur des fonctionnaires des avances à moyen terme, exemple qui a été suivi par la quasi-totalité des établissements publics et nationaux et également par un assez grand nombre d'entreprises privées.

Le secteur social (Caisses de Sécurité Sociale et d'Allocations Familiales) a, lui aussi, apporté son concours à cette œuvre soit par des investissements directs, soit par des prêts complémentaires accordés à leurs affiliés.

Enfin, le fonds d'action sociale, récemment institué en Métropole, doit pouvoir contribuer également à cette œuvre dans un proche avenir grâce à une fraction des allocations familiales afférentes aux salaires des travailleurs en Métropole.

Pour terminer, je voudrais souligner le rôle particulier de deux établissements publics de création récente :

1° la Caisse d'Accession à la Propriété et à l'Exploitation Rurale (la C.A.P.E.R.) créée pour promouvoir la réforme agraire en Algérie et qui consacre, en fait, une partie importante de ses ressources à la création d'un habitat rural particulier puisqu'il s'agit de familles que l'on envisage d'implanter sur des lots pour les exploiter, ce sont donc de petites fermes. Cet aspect de l'habitat rural développé par la C.A.P.E.R. méritait d'être mentionné.

2° la Caisse Algérienne d'Aménagement du Territoire (la C.A.D.A.T.) bien que ne construisant pas, a tout de même son rôle à jouer dans ce grand ensemble par la constitution de réserves foncières, par l'achat, l'aménagement de terrains et la création de zones résidentielles.

Enfin, au-dessus de tout cet ensemble, il convient de noter les interventions de l'Algérie soit en matière fiscale où de nombreuses exonérations existent pour encourager la construction de logements, soit sous forme de possibilités d'amortissement accéléré qui peuvent intéresser les industriels et les commerçants.

Tel est le bref historique que je voulais vous faire. Je vais, si vous le permettez, vous indiquer maintenant quels sont les résultats concrets qui ressortent de l'application des formules que je viens d'énoncer.

Le premier graphique (fig. 1), c'est le financement H.L.M., qui comprend les préfinancements nets du Trésor Algérien et les prêts de la Caisse des Dépôts et Consignations à l'exclusion de toute ressource provenant du Fonds de l'habitat. Vous remarquez sur le graphique une évolution finale assez favorable, en particulier la montée en flèche de 1958 qui correspond à un accroissement d'environ un milliard.

Il n'y a pas grand'chose à dire non plus de la courbe concernant le Fonds de dotation de l'habitat (fig. 2) : le fond de 1958 est encore plus net et la courbe des dotations de 1959, si elle était reproduite ici, dépasserait le cadre du tableau.

La courbe est également ascendante pour les prêts garantis (fig. 3) (j'entends par là les prêts spéciaux à la construction, les prêts individuels bien connus, mais aussi les emprunts à la construction et les prêts garantis pour la résorption des bidonvilles. Elle ne représente pas les garanties accordées, mais les investissements réels, les capitaux effectivement utilisés.

Enfin les bonifications forfaitaires d'intérêts (fig. 4) (correspondant, je vous le rappelle, aux primes à la construction de la métropole et qui furent instituées en 1950), suivent une courbe d'élévation très brusque en 1957 avant de connaître en 1958 une chute dont nous reparlerons tout à l'heure.

Le tableau figurant sur la couverture est plus ambitieux : son double objet est d'abord de faire ressortir le total des investissements susceptibles d'un recensement assez précis (car on ne peut pas tout saisir en cette matière), et aussi de retracer les sources de financement. Les principales ici retenues sont :

— d'abord, l'autofinancement recensé qui représente les investissements correspondant aux bonifications forfaitaires d'intérêts, — et ne comprend par conséquent ni les apports personnels correspondant aux prêts garantis, ni *a fortiori*, les constructions réalisées en dehors de toute aide de l'administration ;

— seconde catégorie : les émissions publiques ;

— ensuite la Caisse des Dépôts et Consignations et les Banques ;

— enfin, le Trésor et le Budget.

L'autofinancement recensé suit donc l'évolution des bonifications forfaitaires d'intérêt puisqu'il est calculé selon un prix moyen de coût de construction au mètre carré bonifié.

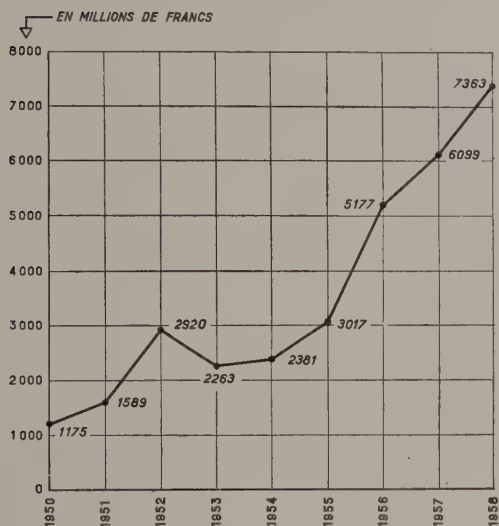


Fig. 1. — H. L. M.

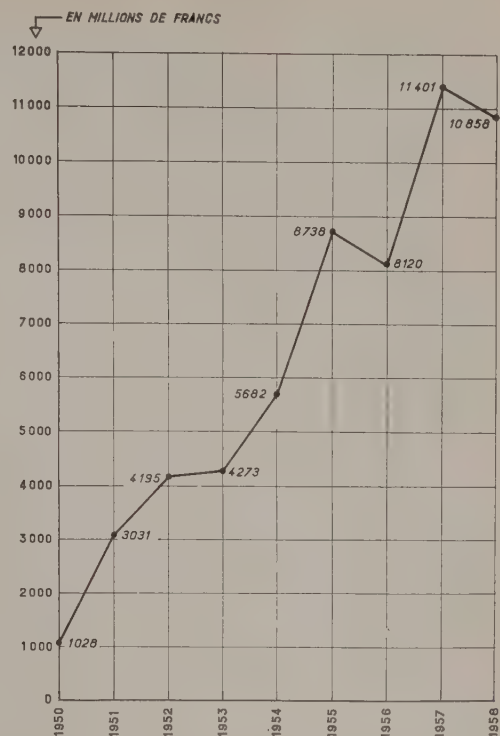


Fig. 3. — Prêts garantis.

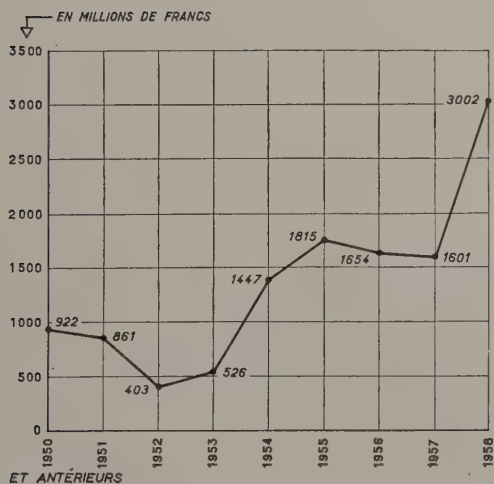


Fig. 2. — Fonds de dotation de l'Habitat.

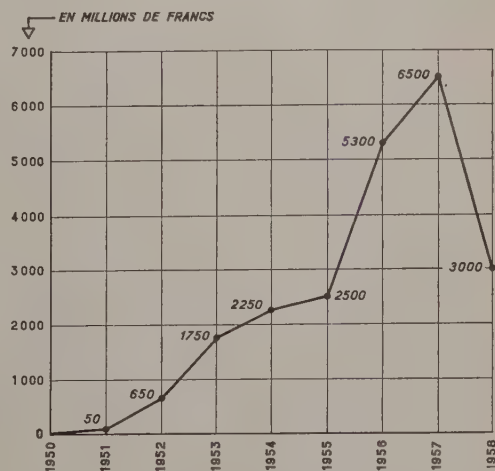


Fig. 4. — Bonifications forfaitaires d'intérêt.

La courbe des émissions publiques marque un démarrage assez lent. Au moment où le marché financier commençait à s'améliorer, les événements de 1954 viennent le rendre plus difficile : l'année 1957 est marquée de ce fait par la disparition totale des émissions publiques en matière d'habitat. Elles prennent un nouveau départ timide en 1958, et nous avons indiqué ici nos espoirs de les voir se développer.

Pour les banques, maintenant, la courbe augmente régulièrement. Celle de la Caisse des Dépôts et Consignations aussi.

A ce propos, je veux souligner que Caisse des Dépôts et Consignations et Budget représentent des sources de financement en partie métropolitaines, dans une mesure difficile à déterminer. Le Budget de l'Algérie est en effet alimenté dans une large proportion par les concours de l'État : il s'agit bien alors d'un financement d'origine métropolitaine. Quant à la Caisse des Dépôts et Consignations, on est tenté de dire qu'il s'agit de prêts du Trésor public représentant un concours intégralement métropolitain mais je me permets à cet égard de vous donner quelques simples chiffres :

De 1949 à 1958, la Caisse des Dépôts et Consignations s'est procurée en Algérie 63 milliards 370 millions de ressources; elle a prêté en Algérie (H.L.M. et reconstruction d'Orléansville comprise) 57 milliards 717 millions.

Dans ces conditions, je veux bien qu'on dise qu'il s'agit de ressources du Trésor public, mais celles-ci sont en réalité compensées par un apport d'origine algérienne. Et c'est pourquoi je fais des réserves sur le caractère métropolitain de l'origine de ces fonds.

Enfin, dernier phénomène extrêmement caractéristique : l'accroissement spectaculaire des crédits d'origine purement publique (qu'il s'agisse du Trésor ou du Budget) et qui viennent à la fois remplacer certains capitaux défaillants ou disparus comme les émissions publiques, et permettre l'accroissement des investissements.

En prévision pour 1959, vous voyez — en ce qui concerne les deux sources d'origine publique : Budget et Trésor — que les ressources budgétaires augmentent tandis que celles provenant du Trésor algérien diminuent, le total des deux continuant à s'accroître. C'est là la manifestation d'une volonté d'asseoir le financement sur des ressources plus définitives que les disponibilités du Trésor algérien.

Dans l'ensemble, il faut constater le développement important de ces investissements. Certes l'amélioration des méthodes de recensement et l'évolution des prix n'est pas sans influence. Mais il convient de souligner qu'en contre partie de nombreux investissements sont en dehors de ce schéma et qu'ils ont certainement, dans l'ensemble, suivi la même évolution.

De plus, si l'on avait établi ce graphique en francs constants ramenés à la valeur de 1958, la courbe serait à peine modifiée. Même en francs constants, les investissements recensés en 1958 représentent 769 pour cent de ceux de 1950, et 230 pour cent de ceux de 1954. Il serait intéressant de trouver beaucoup d'autres secteurs où le développement ait été aussi rapide.

La tâche est vaste encore, je le sais mais il était vraiment utile, je crois, de souligner ces quelques résultats afin de ne pas minimiser ce qui a été fait dans le passé.

Je me permettrai maintenant, au risque de quelques redites, de repasser très rapidement en revue les principaux modes de financement existants afin d'apprécier ce que l'on peut en attendre dans l'avenir.

Le système des H.L.M.

Il est toujours vigoureux, avec ses diverses formules d'accession à la propriété, de location simple ou de location participation, la série des améliorations intervenues et ses organismes toujours plus actifs et nombreux. Si j'avais personnellement à le juger, je dirais qu'il est beaucoup trop généreux. Il ne correspond plus aux réalités, ses durées sont trop longues : on ne finance plus à quarante cinq ans, c'est un anachronisme, — et on ne finance plus à un pour cent. Comment les capitaux seraient-ils intéressés à des œuvres de ce genre? A mon avis, c'est là qu'il faut voir les raisons qui freinent le financement des H.L.M.; mais il ne m'appartient pas bien entendu de proposer quelque modification que ce soit dans un régime essentiellement métropolitain.

D'ailleurs, cette source métropolitaine qui est un avantage par certains côtés (législation unique, assez fort réseau) est en même temps, la source de quelques difficultés, parce que nous ne sommes pas les maîtres; nous ne pouvons faire que des préfinancements, accélérer, et il nous est difficile d'influer sur le volume des investissements.

Dans le passé, on a dû discuter souvent avec le Pouvoir Central et la Caisse des Dépôts des problèmes des H.L.M. en Algérie, mais je pense que l'intérêt maintenant universel suscité par l'Algérie doit nous permettre des espoirs assez substantiels, — et la toute récente visite du Ministre de la Construction en est vraiment une preuve; je suis sûr qu'elle se traduira par quelques résultats.

Il ne faut cependant pas escompter, s'agissant de fonds d'origine publique de ce genre, un développement extraordinaire des H.L.M.

Le Fonds de l'Habitat.

Vous avez pu constater le développement du Fonds de l'Habitat. Pour neuf mois de l'année 1959, sa dotation atteint 5 milliards 100 millions, correspondant à 7 milliards en année pleine. Elle est certainement appelée à s'accroître dans l'avenir, mais ceci est lié aussi aux concours de l'État.

Maintenant en effet, les concours de l'État transitent par la Caisse d'Équipement pour le développement de l'Algérie, laquelle pour la première fois en 1959, apporte son financement au Fonds de l'Habitat; mais elle ne peut prêter que ce qu'elle reçoit et manque, elle aussi, d'une certaine élasticité.

Pourtant dans l'avenir, nous attendons beaucoup du Fonds de dotation de l'Habitat. Je vous ai rappelé les hésitations qui s'étaient faites jour sur le rôle à lui faire jouer. Actuellement, avec l'arrêté du 20 mai 1959, on a retenu à nouveau la formule du financement principal de logements modestes appelés « logements million » et même de logements semi-urbains encore plus restreints, destinés à la location mais surtout à l'accession à la propriété. C'est un véritable complément qui est ainsi apporté au réseau H.L.M.

La construction de logements ruraux, nous l'avons vu tout à l'heure, se poursuivra certainement. Le programme retenu prévoit 20 000 logements de cette catégorie par an, il ne faut donc pas en attendre une extension très importante.

Les prêts spéciaux.

Il faut remarquer d'abord que les prêts spéciaux concernent une clientèle assez particulière, une fraction donc seulement de la population. Il s'agit, rappelons-le, de prêts individuels, — et j'indique tout de suite que nous ne songerons pas à leur retirer ce caractère individuel, d'abord parce que nous n'en avons pas les moyens étant donné les capitaux dont nous disposons, ensuite parce que le financement collectif, comporte aussi parfois quelques abus.

Reste le problème de la recherche des capitaux de consolidation : après quelques véritables émissions publiques de 1950 à 1954, le Crédit Foncier, comme j'ai eu l'occasion de l'indiquer, a dû faire appel à l'assurance que l'Algérie lui avait donnée de fournir des capitaux de consolidation — ceux-ci ont des limites puisqu'ils proviennent du Trésor ou du Budget — (cette année, pour la première fois, la Caisse d'Équipement de l'Algérie a inscrit deux milliards et demi à ce titre).

Il s'agit là de capitaux rares et chers : plus on en consacrera à l'habitat, moins l'on pourra en réserver à l'industrialisation, — c'est une question d'équilibre. Difficultés dans la recherche, donc limite naturelle à cette formule de financement; limite aussi du point de vue bancaire, parce qu'il serait déraisonnable d'augmenter les ouvertures de crédit bancaire sans se préoccuper d'une consolidation ultérieure.

A cet égard, on peut malgré tout avoir une certaine confiance : pour la première fois, le Crédit Foncier a émis le mois dernier en Algérie des obligations foncières, — ce n'était pas possible jusqu'alors pour des raisons fiscales qui sont maintenant complètement écartées. Nous souhaitons évidemment voir ces émissions se développer largement : c'est une question de confiance du public dans ce papier.

Les emprunts pour la construction.

Cette formule convient parfaitement à certaines catégories de construction, mais elle trouve aussi ses limites dans le réescompte bancaire et dans les lourdes charges qu'elle impose pratiquement à l'intéressé par un remboursement en cinq ans.

Les bonifications forfaitaires d'intérêts.

Nous avons peu d'influence sur elles. C'est une affaire d'initiative privée qui se manifeste ou non, et vous avez vu tout à l'heure qu'elle commençait à se ralentir. Pourquoi? peut-être par saturation, une saturation au moins temporaire; peut-être aussi en raison de certaines craintes quant aux fluctuations

de la monnaie. Il est certain qu'une prime de mille francs au mètre carré est très intéressante mais on peut s'inquiéter de ce qu'elle représentera dans vingt ans. Mais elles ont leur rôle à jouer dans une perspective de stabilité.

Les sociétés d'économie mixte.

Ce sont elles qui ont repris les émissions publiques en 1958. Elles pourront continuer, et rendre encore des services aux communes, aux collectivités, entreprises commerciales ou même agricoles. Nous avons là une source très intéressante de développement.

Quant au Trésor algérien, vous avez vu ce qu'il a pu fournir mais il serait périlleux, là aussi, de lui demander d'accroître beaucoup son effort.

Je crois ainsi vous avoir montré la complexité de ce problème du Financement de l'Habitat, dans un exposé pourtant très loin d'être exhaustif. Nous avons vu aussi tout de suite les raisons qui s'opposent à l'extension immodérée de tel ou tel mode de financement, — c'est la raison pour laquelle, devant cet arsenal qui était déjà pourtant assez étendu, nous avons été amenés à essayer encore de le compléter pour faire face aux besoins du programme de Constantine.

A cet égard, en effet, nous rencontrons deux problèmes distincts presque aussi importants l'un que l'autre : celui du volume mais aussi celui de la continuité du financement, et ce dernier est essentiel, — sinon, personne ne fera d'équipement ni de formation professionnelle, on n'entreprendra pas des programmes assez importants, ce qui entraînera des à-coups dans l'emploi des travailleurs aussi bien que dans le financement. Nous reviendrons dans un instant sur ce point-là.

En ce qui concerne le volume, je vous ai indiqué ce que l'on pouvait raisonnablement espérer de chacune des formules existantes : c'est insuffisant, il faut davantage. C'est alors que nous avons pensé à un domaine non pas inexploité peut-être, mais assez peu exploité, — ce que nous appelons, nous, la masse monétaire, et les capitaux en quête d'un placement à moyen terme.

Pour les attirer dans une proportion plus importante, il était cependant nécessaire d'aménager les prêts à la construction sur deux points : il fallait éviter que le préfinancement reste gelé, c'est-à-dire stérilisé, pendant trois à cinq ans, et par conséquent l'amortir dès la première année afin de pouvoir ensuite octroyer de nouvelles ouvertures de crédit. Il fallait aussi que les modalités de consolidation correspondent au désir des capitalistes : on ne trouve plus à emprunter à vingt ou trente ans aujourd'hui, c'est difficile. Même les emprunts du Crédit Foncier sont à quinze ans, — et nous ne sommes pas le Crédit Foncier.

C'est ainsi qu'est née la formule des prêts à cinq/dix ans, qui sont en réalité des prêts à cinq/onze ans. Je vous rappelle qu'il s'agit d'un crédit à moyen terme bancaire de cinq ans, amortissable chaque année et le solde à la fin de la cinquième année est consolidé par des émissions publiques à cinq ou six ans.

Comment se fera cette consolidation ? Nous pensons qu'elle pourra être assurée par des émissions des organismes constructeurs eux-mêmes ; et si des H.L.M. par exemple font appel à cette formule, rien n'interdit de penser qu'ils puissent faire des émissions dans cinq ou six ans. S'ils ne le peuvent pas, une autre possibilité existe : le Crédit Foncier lui-même. Enfin, si aucun des deux n'est possible, c'est alors la Caisse d'Équipement qui fera à leur place ces émissions de bons.

A l'origine, les crédits seront garantis par l'Algérie et par la Caisse d'Équipement qui est un établissement public national, garantie de bonne fin, c'est-à-dire qu'en cas de défaillance, le garant viendra se substituer à l'emprunteur et aussi garantie de consolidation à la fin de la cinquième année.

Nous espérons beaucoup de cette nouvelle formule, mais elle entraîne malgré tout des charges assez lourdes pour l'emprunteur et nous avons, au départ, imaginé de la jumeler avec d'autres modes de financement. C'est pourquoi nous avons prévu d'employer ce procédé pour la réalisation des logements de fonctionnaires, pour apporter éventuellement un financement complémentaire aux organismes d'H.L.M. et aussi pour aider certaines entreprises commerciales qui ont la possibilité de faire des amortissements accélérés.

Cette formule a été possible, je dois le dire, grâce au niveau modéré des engagements bancaires à terme. Ils représentent en gros 7 % de la masse monétaire en Algérie, alors qu'en métropole ils sont de l'ordre de 24 ou 25 % et il a été admis que, jusqu'à cette limite de 25 %, nous pouvions utiliser cette formule, la Banque de l'Algérie et le Crédit Foncier de France ayant donné leur accord.

En définitive, je pense qu'à l'heure actuelle, à défaut de pouvoir obtenir des capitaux à plus long terme et malgré ses inconvénients, cette formule est la seule qui nous permette d'espérer pouvoir assurer le financement des 280 000 logements prévus par le plan quinquennal.

Reste une dernière question : la continuité dans le financement qui pose le problème très difficile des programmes pluri-annuels. Mais je ne puis, malheureusement pas, vous annoncer de mesures concrètes dans ce domaine.

Certes, les autorisations de programmes existent en matière d'H.L.M. et la certitude d'un concours minimum de l'État pour l'équipement de l'Algérie au cours des prochaines années devrait permettre d'aboutir aux mêmes programmes pluri-annuels en ce qui concerne le fonds de dotation de l'habitat. Les mêmes espoirs sont permis pour les logements ruraux du Commissariat à la Reconstruction et à l'Habitat Rural.

Il y a également toutes les chances pour que les prêts garantis suivent l'évolution générale, peut-être même les précéderont-ils ?

Le seul problème, le problème général est, je crois, celui de la confiance. Une fois la confiance revenue — et je crois qu'elle est en bonne voie — une fois la stabilité monétaire recouvrée, une fois la rentabilité légitime des capitaux assurée, je crois que le succès des émissions publiques qui seules pourront assurer le financement de ce plan, sera lui-même assuré.

Je voudrais terminer sur cette note optimiste en m'excusant de vous avoir certainement ennuyés avec ce sujet, mais en espérant tout de même n'avoir pas trop fait mentir Anatole France qui, à tort ou à raison, prétendait que « les questions financières plaisent à la raison par leur exactitude et à l'imagination par leur étendue ».

LE PRÉSIDENT. — *Avant d'ouvrir la discussion, je tiens à remercier M. Leroy de l'excellent exposé qu'il vient de faire. Il a montré toutes les possibilités qui s'offrent aux particuliers, aux entreprises, aux collectivités locales et aussi les efforts qui ont été faits par les Pouvoirs Publics pour faciliter le développement de l'habitat, cet habitat qui est l'une des principales préoccupations de nos dirigeants. Le voyage d'études que vient de faire en Algérie M. le Ministre de la Construction en est une preuve certaine.*

En effet, il faut construire. Construire, est pour certains un acte de prévoyance, pour d'autres un acte de clairvoyance. Je pense pour ma part que construire en Algérie dans les circonstances actuelles constitue un acte de foi et de confiance en l'avenir de notre pays. La discussion est ouverte. Si certains d'entre vous désirent poser des questions à M. Leroy il se fera un plaisir d'y répondre.

DISCUSSION

UN AUDITEUR. — Vous avez fait allusion à l'amortissement accéléré des logements de personnel pour les entreprises. Cette possibilité ayant été supprimée récemment en métropole, de nombreux industriels craignent que cette suppression soit étendue à l'Algérie. Ces craintes sont-elles fondées ou non ?

M. LEROY. — Je ne le pense pas. Je crois pouvoir dire qu'une

décision est actuellement à l'homologation du Pouvoir Central visant à étendre la participation de 1 % des employeurs à l'Algérie, et qui comporte des dispositions concernant l'amortissement accéléré analogues à celles que vous connaissez déjà : 40 % la première année, etc... Ce texte n'est pas encore homologué, on ne peut donc pas en faire état officiellement, mais je crois que vous pouvez garder confiance.

(Reproduction interdite.)

ÉDITÉ PAR LA DOCUMENTATION TECHNIQUE
DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS,
6, RUE PAUL-VALÉRY, PARIS-XVI^e.

(Ann. I. T. B. T. P.)

6565-10-59. Typ. FIRMIN-DIDOT et C^{ie}, Mesnil (Eure)
Dépôt légal : 4^e trim. 1959

Le Directeur-Gérant : P. GUÉRIN.

SUPPLÉMENT AUX

ANNALES DE L'INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

OCTOBRE 1959

Douzième Année, N° 142

VISITE DE CHANTIER

du 26 septembre 1959

**LA PILE EL. 3
ET
L'ACCÉLÉRATEUR « SATURNE »
A SACLAY**

INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

LA PILE EL. 3

EXPOSÉ DE M. SCHMIT

Ingénieur aux Chantiers de l'Atlantique — Service Énergie Atomique

I. GENÈSE DU PROJET

Au début de 1954, le Commissariat à l'Énergie Atomique (C. E. A.), disposait de deux piles expérimentales seulement : l'une Zoé située à Fontenay-aux-Roses, la première pile construite en France, était très petite (flux de 10^{12} n/cm² s et puissance thermique maximum de 150 kW), l'autre EL. 2, construite à Saclay, était plus grande (flux de 10^{13} n/cm² s).

Le flux thermique de EL. 2 était toutefois trop petit et ses dispositifs expérimentaux trop peu nombreux pour permettre au C. E. A. de poursuivre ses recherches expérimentales, notamment sur les matériaux de structure nécessaires à la construction des réacteurs de puissance et d'accroître la production d'isotopes. Aussi le C. E. A. a-t-il décidé en mars 1954 de construire une pile laboratoire à haut flux (plus de 10^{14} n/cm² s) munie de dispositifs expérimentaux nombreux, qui a été nommée EL. 3 puisqu'elle devait être la troisième pile à eau lourde française.

Fin décembre 1954 le C. E. A. avait établi un projet de pile suffisamment complet et détaillé pour permettre d'entreprendre les études technologiques et les études d'exécution nécessaires à la construction de la pile EL. 3 dont l'entreprise générale fut confiée aux Chantiers de l'Atlantique (Penhoët-Loire).

La première divergence a eu lieu au début du mois de juillet 1957 et la montée en puissance fin 1957. Depuis lors la pile EL. 3 assure régulièrement son service.

II. PROGRAMME DE LA PILE

1. Caractéristiques générales.

Type. Pile hétérogène à uranium enrichi en U 235 (1,4 % environ) modérée et refroidie à l'eau lourde.

Cœur. Il est cylindrique de 1,83 m de diamètre et 1,35 m de haut, contenant quatre-vingt-dix-neuf cellules disposées suivant un réseau hexagonal centré, d'un pas de 175 mm.

Réflecteur. Le cœur est entièrement entouré d'un premier réflecteur en eau lourde de 40 cm d'épaisseur, puis d'un deuxième réflecteur en graphite de 60 cm d'épaisseur environ sur ses faces latérales et inférieure.

Réfrigération primaire. Elle est assurée par une circulation de 1 000 m³/h d'eau lourde refroidie dans des échangeurs tubulaires par un débit de 2 000 m³/h d'eau légère refroidie dans un réfrigérant atmosphérique. La température de l'eau lourde est de 40° C à l'entrée des cellules et de 56° C à leur sortie.

Réfrigération secondaire. La réfrigération du réflecteur en graphite et de la protection est assurée par une circulation d'air atmosphérique en circuit ouvert.

2. Facilités expérimentales.

Les facilités expérimentales sont très nombreuses. Afin de permettre un accès commode aux canaux, et une bonne

installation des matériels nécessaires aux expériences, un important dégagement de 10 m autour de la pile et le toit du bloc pile sont laissés à l'entière disposition des expérimentateurs. En outre, les sous-sols sous le hall pile permettent d'installer les circuits auxiliaires nécessaires aux bancs d'essais.

Étant donné le nombre de dispositifs expérimentaux prévus, il a été nécessaire de doter la pile d'une large gamme de réactivité. A cet effet, il est possible de jouer sur l'importance du chargement, la pile étant déjà critique pour quarante et une cellules, le nombre de cellules peut être réglé, disons entre 60 et 100, compte tenu du burn up et de l'importance de l'antiréactivité dus aux expériences. Enfin, six barres de compensation permettent le fonctionnement de la pile avec des taux de burn up relativement élevés.

De larges emplacements disponibles sont réservés sur le tableau de contrôle pour pouvoir y renvoyer les indications relatives aux dispositifs expérimentaux.

3. Coefficient d'utilisation élevé.

EL. 3 devant être la principale pile expérimentale française pendant quelques années, il est important qu'elle puisse fonctionner le plus souvent possible.

Ainsi trois boucles d'eau lourde comportant chacune un échangeur, une pompe principale et une pompe auxiliaire ont été prévues pour le refroidissement eau lourde-eau légère, bien que deux seulement soient nécessaires au fonctionnement de la pile. Ces boucles étant installées dans des salles en béton bien protégées entre elles du point de vue radiologique, il est possible d'effectuer des opérations d'entretien sur l'une d'entre elles pendant la marche de la pile.

De nombreux canaux peuvent être déchargés pile en marche, et tous leurs mécanismes sont extérieurs au bloc pile de façon à perturber le moins possible le fonctionnement de la pile par des travaux de réparation et d'entretien.

4. — Sécurité.

La pile est enfermée dans une enceinte étanche afin d'éviter toute fuite de gaz actif en cas d'incident. Cette enceinte peut résister à une pression de 1 m d'eau et à une dépression de 10 cm d'eau. En fonctionnement courant, l'air du circuit de réfrigération secondaire est en dépression par rapport à l'atmosphère de l'enceinte étanche qui est elle-même en dépression par rapport à l'extérieur de 5 cm d'eau environ.

La marge de pression de 1 m d'eau est très large puisqu'elle permet à l'enceinte étanche de résister aux suppressions créées par la combustion d'un chargement complet d'uranium (600 kg environ) dans l'eau lourde, ou à une divergence non contrôlée amenant la pile à fonctionner à une puissance de 100 000 kW (soit près de dix fois sa puissance normale), pendant trente secondes.

Les circuits de réfrigération de la pile et l'alimentation en énergie électrique sont étudiés de telle sorte que l'arrêt du refroidissement de la pile est extrêmement peu probable.



FIG. 1. — Vue d'ensemble des bâtiments.

III. DESCRIPTION DE LA PILE

1. Vue d'ensemble.

Comme il apparaît sur les figures 1 et 2, la pile EL. 3 comprend de l'ouest à l'est, un bâtiment classique, une enceinte étanche qui comporte deux cloches métalliques, d'importants sous-sol situés sous la grande cloche et sous une partie du bâtiment classique, le bâtiment dit de « séparation des cartouches » et les ateliers d'eau lourde et de nettoyage qui s'étendent sur une longueur de 183 m. Ces constructions ont exigé 54 000 m³ de terrassement et 19 000 m³ de béton (fig. 3).

Le réfrigérant atmosphérique assurant le refroidissement du circuit d'eau légère et la cheminée permettant d'évacuer l'air de la réfrigération secondaire sont situés au nord du bâtiment classique et de l'enceinte étanche.

a) Le bâtiment classique.

Il abrite essentiellement : les bureaux du personnel et de l'État-Major conduisant la pile et les installations suivantes :

les transformateurs et les tableaux de distribution électrique, les groupes électrogènes de secours, les tableau et pupitre auxiliaires de contrôle, les pompes de relevage du circuit d'eau légère, les filtres chauds et les ventilateurs d'extraction de l'air de la réfrigération secondaire.

b) L'enceinte étanche.

Elle est construite pour résister à des pressions relatives extérieure de 100 kg/m^2 et intérieure de $1\,000 \text{ kg/m}^2$ (Cf. § II-4 ci-dessus). Elle comprend deux cloches métalliques en tôles soudées de 8 et 6 mm d'épaisseur, de 46 m et 22 m de diamètre et de 25 m de hauteur, reliées par un tunnel à la cote + 7 m. Chaque cloche est constituée par un manteau cylindrique supporté par une charpente extérieure (fig. 4) et par une calotte sphérique reposant sur une charpente intérieure. Afin de maintenir l'intégrité de l'enceinte étanche, les accès dans la grande cloche se font par l'intermédiaire de sas, les galeries techniques sont équipées de cloisons étanches et des siphons noyables, placés dans le circuit de ventilation, permettent de l'isoler entièrement en cas d'accident. La petite cloche, grâce à deux portes asservies mutuellement, situées l'une dans le manteau de la grande cloche à



FIG. 2. — Maquette des bâtiments (vue en coupe).



FIG. 3. — Vue du chantier.

hauteur du tunnel et l'autre dans la partie est, de son manteau peut fonctionner comme un véritable sas.

La grande cloche abrite essentiellement le bloc pile, la salle de contrôle, les installations relatives à la recombinaison et des locaux pour les expérimentateurs. Un pont roulant de 20 t installé sur un rail circulaire dessert le hall pile.

Les sous-sols étanches comportent trois étages situés à — 3, — 6 et — 10 m. Sous le hall pile au niveau — 10 m, ils sont presque entièrement réservés aux installations auxiliaires nécessaires aux expérimentateurs et abritent, au niveau — 3 m les quatre canaux d'ionisation permettant de mesurer la puissance de la pile et les cavités de 1 m³.

Le reste des sous-sols abritent les circuits d'eau lourde (circuit principal, des circuits de stockage, d'épuration et de détection des ruptures de gaines) et les circuits de gaz carbonique et d'eau déminéralisée desservant les dispositifs expérimentaux.

La petite cloche abrite une casemate en béton de 7 m de haut, de 6 m de large, de 13 m de long qui contient : les cuves de désactivation des cellules, l'appareillage d'observation des barreaux irradiés et les chambres d'irradiation γ .

c) Le bâtiment de séparation des cartouches.

Il contient à sa partie nord l'installation de séparation des barreaux de EL. 3 et à sa partie sud celle de la pile EL. 2 qui est elle-même située à l'est de ces bâtiments.

d) Les ateliers d'eau lourde et de nettoyage.

Ils sont destinés à permettre le traitement et le nettoyage des matériels des circuits d'eau lourde, d'hélium et d'eau

déminéralisée, les manipulations des matériels et produits actifs ou non contenant de l'eau lourde.

e) Une voie située à la cote + 7 m

Elle relie le bloc pile à la casemate de désactivation et au bâtiment de séparation grâce à quatre ponts métalliques dont l'un sert de support au tunnel entre cloches. Les hottes de déchargement peuvent ainsi circuler pour le transfert des cellules entre ces trois installations.

2. Le bloc pile (fig. 5).

Le bloc pile a la forme d'un prisme à quatorze faces, de 7 m de hauteur, dont le cylindre circonscrit aurait environ 10 m de diamètre. Il comprend, à l'intérieur, trois cavités principales :

- une cavité médiane qui contient le cœur de la pile ;
- une chambre inférieure située sous le niveau zéro où passent les tuyaux, sous cuve, d'arrivée et de départ d'eau lourde ;
- une chambre supérieure ou grenier qui permet d'accéder au bloc tubulaire qui ferme la cuve. Un faux bloc tubulaire rétablit le toit du bloc pile.

Le bloc pile est constitué par une double enveloppe en tôle d'acier, soutenue par une charpente métallique intérieure, remplie de béton lourd de densité 4,2. Un nombre important de cavités secondaires et de canaux permettent la mise en place des dispositifs expérimentaux et le passage des canalisation des fluides.

3. Le cœur.

Chacune des quatre-vingt-dix-neuf cellules du cœur de la pile comporte à l'intérieur d'un tube d'aluminium de 40×43 mm de diamètre quatre barreaux cylindriques d'uranium de 320 mm de long. L'ensemble de ces quatre-vingt-dix-neuf cellules contient un poids de 675 kg d'uranium.

Le contrôle de la pile est assuré par onze barres de contrôle en carbure de bore : six barres de compensation, deux barres de pilotage et trois barres de sécurité.

4. Circuits d'eau lourde et d'hélium.

L'ensemble des circuits d'eau lourde et d'hélium comprend 22 m^3 d'eau lourde et 30 m^3 d'hélium.

Le circuit principal d'eau lourde qui assure le refroidissement du cœur de la pile comporte trois casemates dotées chacune d'un échangeur eau lourde-eau légère de 10 000 kW, d'une pompe principale de $500 \text{ m}^3/\text{h}$ et d'une pompe auxiliaire de $90 \text{ m}^3/\text{h}$.

En fonctionnement normal la pile est refroidie au moyen de deux casemates : le débit d'eau lourde donné par les pompes principales est de $1\,000 \text{ m}^3/\text{h}$. A l'arrêt, la chaleur résiduelle qui continue à se dégager dans le cœur de la pile, est extraite grâce aux pompes auxiliaires qui permettent un débit de $180 \text{ m}^3/\text{h}$.

Afin d'assurer le refroidissement de la pile en toutes

circonstances, d'une part deux casemates sont toujours en service de telle sorte qu'en cas de panne mécanique d'une pompe l'autre reste en service, d'autre part l'installation électrique comporte trois groupes diesels-alternateurs à démarrage automatique qui permettent d'assurer l'alimentation en énergie électrique sans interruption en cas de panne du secteur.

Une installation de filtration, sur filtres en acier inoxydable fritté, et de déminéralisation sur pots de résines échangeuses d'ions, du type mixed-bed, assurent en permanence l'épuration d'un débit de 300 l/h d'eau lourde de façon à maintenir la résistivité de l'eau lourde à une valeur élevée (plus d'un mégohm).

En tous points des circuits l'atmosphère surmontant l'eau lourde est constituée par de l'hélium qui, en plus de son inertie chimique, présente l'avantage de ne pas s'activer sous flux de neutrons. L'hélium est maintenu à une pression légèrement supérieure à la pression atmosphérique.

Toutes les capacités d'hélium ainsi constituées sont reliées par un réseau de tuyauteries qui permet de diriger vers une installation de recombinaison le deutérium et l'oxygène produits par radiolyse dans le cœur de la pile.

Quatre-vingt-dix-neuf prélèvements d'eau lourde effectués à travers le bouchon de chacune des cellules sont dirigés vers une installation de ruptures de graines où des compteurs de Geiger Muller permettent de détecter la présence des produits de fission et de déterminer le cas échéant les cellules qui présenteraient des ruptures de gaines.

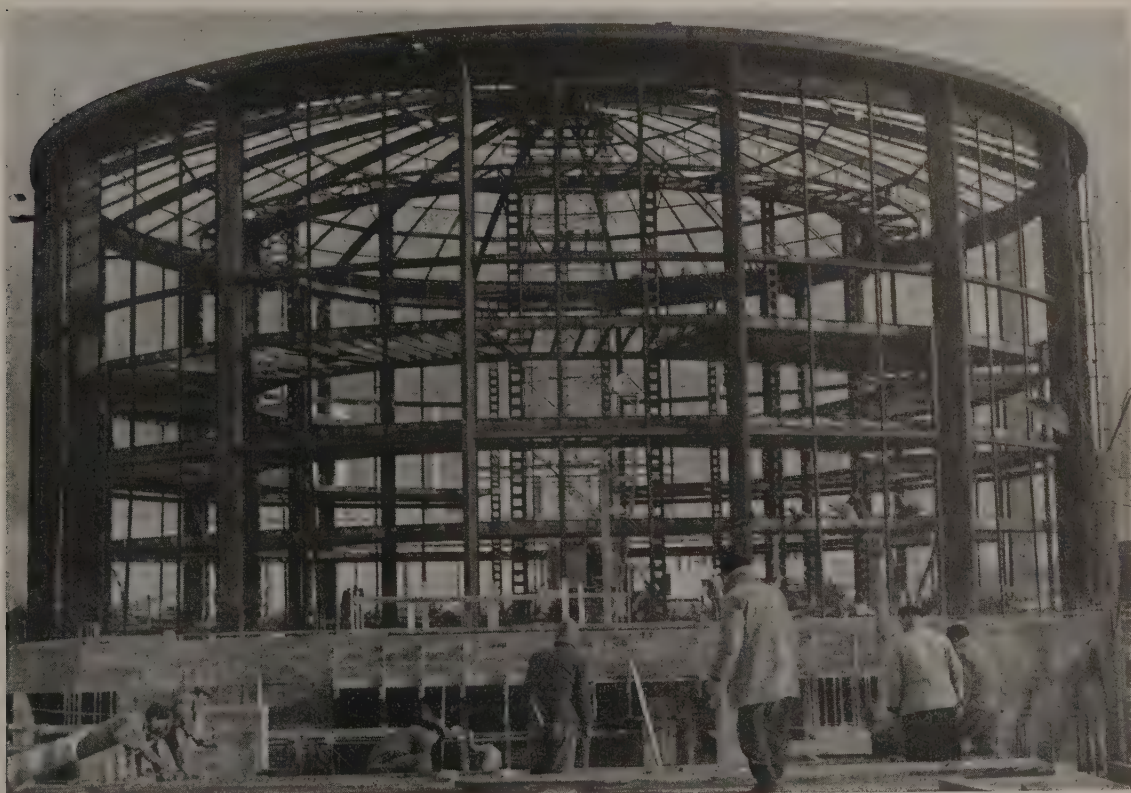


FIG. 4. — Ossature métallique de la grande cloche.

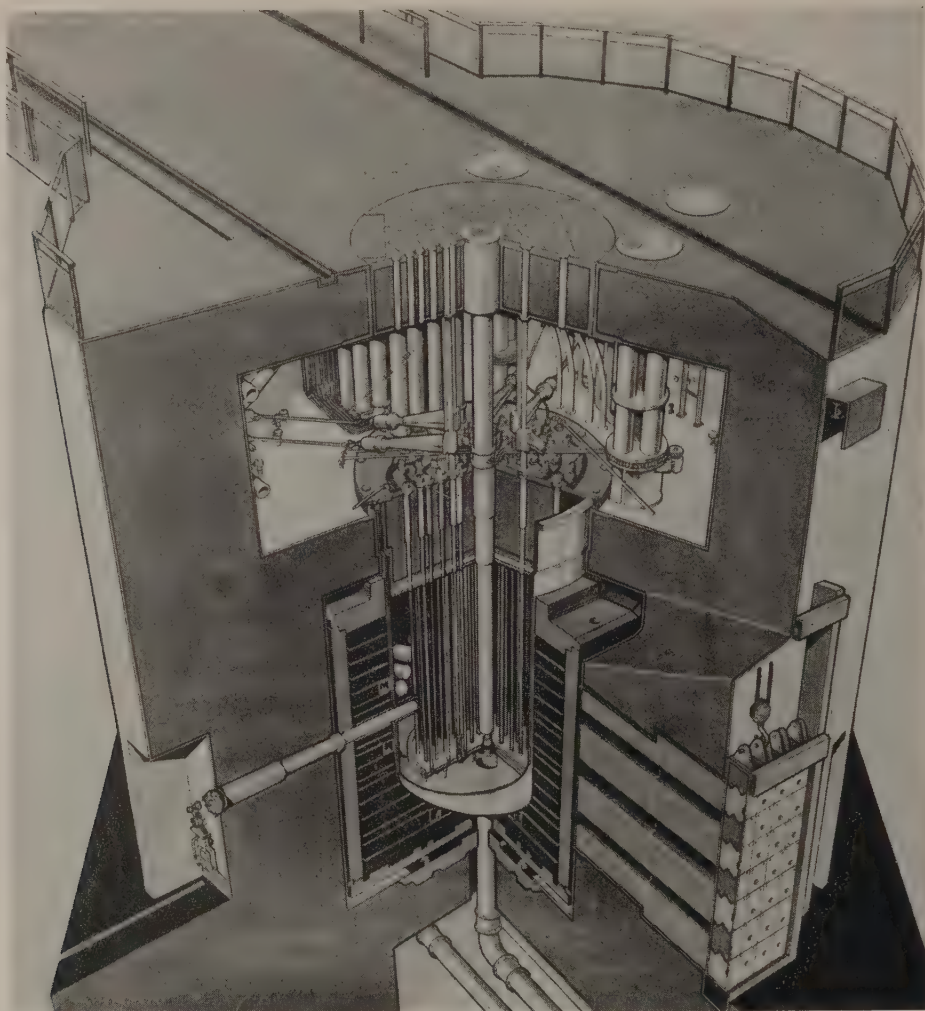


FIG. 5. — Maquette du bloc pile (vue en coupe).

IV. CONTRÔLE ET PILOTAGE

Le bilan thermodynamique est déterminé à partir de mesures de débit et de température. La puissance neutronique entre 0 et 20 000 kW est déterminée grâce à quatre chaînes de puissance, comprenant chacune une chambre d'ionisation. Des contrôles de rayonnements sont effectués dans les endroits accessibles au personnel : des installations fixes permettent de mesurer les activités en γ , neutrons thermiques et neutrons rapides et la radioactivité des poussières de l'atmosphère.

Les indications sont reportées à un pupitre et un tableau principaux situés dans la grande cloche et à un tableau et un pupitre auxiliaires installés dans le bâtiment classique.

Le pilotage qui peut être manuel ou automatique est effectué au moyen des barres de réglage, maintenues au voisinage du plan médian du cœur, grâce à la mise en place adéquate des barres de compensation, suivant la puissance recherchée.

V. ALIMENTATION EN ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

Les installations électriques satisfont aux exigences suivantes :

- assurer sans interruption l'alimentation des installations de contrôle et le refroidissement de la pile ;
- éviter que des pannes de courant provoquent de graves perturbations dans l'exploitation de la pile.

La puissance installée, de 4 000 kVA est fournie sous 15 000 volts par l'E. D. F., à un poste de transformation situé dans le bâtiment classique qui comprend cinq transformateurs de 630 kVA 15 000/380 volts et deux transformateurs de 400 kVA 15 000/220-127 V.

L'alimentation de secours destinée en cas de panne de secteur à alimenter sans interruption les auxiliaires vitaux de la pile est assurée par trois groupes électrogènes diesel-alternateurs de 450/550 ch. Chaque groupe comprend une

machine synchrone de 400 kVA et un alternateur de 36 kVA. Un volant dont le poids est de 2 200 kg est accouplé à l'arbre commun de ces deux machines, relié à l'arbre du moteur par un embrayage électromagnétique.

En fonctionnement normal deux machines synchrones alimentées par le secteur entraînent les volants et les alternateurs de 36 kVA qui assurent l'alimentation du tableau de contrôle.

En cas de panne de secteur, des relais de puissance provoquent le démarrage automatique des deux diesels (par batterie) et provoquent la disjonction de tous les utilisateurs non prioritaires. Au bout de trois secondes les embrayages s'enclenchent et les diesels entraînent les alternateurs qui ont continué à tourner, entraînés par leurs volants. Au cas où, au bout de trois secondes, les démarreurs n'ont pu entraîner les diesels, ceux-ci sont alors embrayés sur les volants.

VI. COMBUSTIBLE IRRADIÉ — STOCKAGE — IRRADIATION γ — OBSERVATION — MANUTENTION

Pour un fonctionnement à 10^{14} n/cm² s la puissance thermique de la pile est voisine de 15 MW ce qui correspond à une puissance spécifique moyenne de 22 MW par tonne pour une charge de 675 kg d'uranium.

Le combustible permettant un burn up d'au moins 3 000 MW/j/t, un chargement de cellules durerait au maximum 140 j pour un fonctionnement continu à pleine puissance. En réalité, compte tenu du fait que la pile ne fonctionne pas toujours à pleine puissance et qu'il est nécessaire de l'arrêter périodiquement pour des questions d'expérimentation et d'entretien, un chargement de cellules durera environ un an.

Lorsqu'il est usé, le combustible est extrêmement actif et continue pendant plusieurs mois à dégager une quantité de chaleur relativement importante. Aussi est-il nécessaire de disposer de moyens de manutention convenables pour le sortir de la pile (hottes de déchargement) et de moyens de stockage où il devra séjourner au moins trois mois avant de passer dans l'installation de séparation des cartouches qui démontrera les cellules en donnant d'une part les cartouches d'uranium et d'autre part les matériaux de structure irradiés.

Les cellules irradiées sont stockées dans des cuves dotées d'un refroidissement par eau dans la casemate à barres chaudes située dans la petite cloche. La casemate à barres chaudes comprend en outre une installation d'observation des cellules chaudes qui permet de vérifier l'état des barreaux d'uranium à la sortie de la pile et d'examiner de très près les déforma-

tions qu'ils ont pu subir et le cas échéant les ruptures de gaines.

VII. ASPECTS TECHNOLOGIQUES DE LA CONSTRUCTION

La construction de la pile EL. 3 a nécessité d'importantes études de caractère général, car en 1955 les connaissances technologiques relatives aux circuits d'eau lourde étaient encore relativement peu développées en France puisque les seules piles existantes à ce moment là étaient : la pile EL. 1 qui a une très faible puissance et la pile EL. 2 qui est refroidie au gaz carbonique. Une grande pile était en construction : C. 1, mais il s'agissait d'une pile au graphite et à l'uranium naturel. Aussi EL. 3 fut-elle l'occasion d'études relativement importantes, poussées parfois au-delà de ce qui aurait été strictement nécessaire, dans le but de créer une documentation devant servir à la construction d'autres piles.

C'est ainsi que des essais de transmission de chaleur ont été exécutés en vue de déterminer les conditions de refroidissement des barreaux de la pile EL. 3. Ils ont permis de vérifier que les calculs faits à partir des formules existantes donnaient des résultats satisfaisants, et que l'adoption de corrugations sur les barreaux permettait de diminuer fortement le gradient de température entre l'eau lourde et la surface extérieure de la gaine. Ils ont également eu l'avantage de créer un banc d'essais et de mettre au point des méthodes d'expérimentation qui ont par la suite permis de lancer plus rapidement des études de refroidissement de cellules pressurisées.

Il y a également lieu de signaler les conditions dans lesquelles les constructeurs des pompes et des vannes à eau lourde, qui sont du type étanche, ont été choisis. La fabrication de plusieurs prototypes de pompes et de vannes a été lancée au début de 1955 chez différents industriels français et c'est après essais de ces prototypes que les constructeurs de pompes et vannes définitives ont été choisis. Si l'on tient compte du fait que la pile a été construite en moins de trois ans, on constate que l'industrie française a dû faire de sérieux efforts pour aboutir.

Par ailleurs, une étude assez complète sur les bétons lourds a été exécutée. Elle avait pour objet de mettre au point pour EL. 3 un béton de densité supérieure à 4, en vue de diminuer l'épaisseur de la protection en béton du bloc pile, à la fois pour réduire ses dimensions générales, et pour raccourcir les bouchons des canaux afin d'en faciliter l'exploitation. Toute une gamme de bétons a été étudiée tant du point de vue mise en œuvre et propriétés mécaniques que du point de vue caractéristiques nucléaires.

BIBLIOGRAPHIE

La pile EL. 3, Presses Universitaires de France, 49, Bd Saint-Michel, Paris VI^e.

Pile EL. 3, par MM. Hainzelin, Raïevski, Robert. Rapport P/335 à la Conférence de Genève 1958.

Essais de transmission de chaleur sur maquettes pour l'étude du refroidissement de la pile expérimentale EL. 3, par MM. Butzbach, Domenjoud (Alsthom); Raïevski, Rolland (C. E. A.); Braudeau (E. D. F.); Bousquet (Chantiers de l'Atlantique). Rapport P/1150 à la Conférence de Genève 1958.

Les bétons lourds. Propriétés physiques et essais mécaniques, par M. Tourasse. Rapport P/1152 à la Conférence de Genève 1958.

Colloque de Noordwijk sur les réacteurs de recherche. Conception de la pile EL. 3, par M. Robert.

Le nouveau réacteur du Centre d'Études Nucléaires de Saclay : la pile EL. 3, par M. Robert. Revue *Age Nucléaire*, n° 4, mai-juin 1957.

L'ACCÉLÉRATEUR « SATURNE »

EXPOSÉ DE M. JAUNEAU

du Laboratoire de Physique de l'École Polytechnique
Docteur ès Sciences

I. PRINCIPE

L'accélérateur « Saturne » est un appareil du type synchrotron destiné à communiquer à des protons une énergie d'environ 3 milliards d'électron-volts. Comme il est impossible de réaliser effectivement une tension électrique supérieure à quelques millions de volts, une telle énergie ne peut être communiquée aux particules que par un très grand nombre

de passages dans une différence de potentiel V beaucoup plus faible, chaque passage augmentant l'énergie d'une particule de la quantité eV .

Dans un synchrotron, un aimant annulaire (c'est-à-dire un ensemble d'aimants en C disposés suivant un cercle) guide les particules sur une trajectoire circulaire. Sur une portion de cette trajectoire, les protons sont accélérés par un champ électrique alternatif de haute fréquence. Ce champ électrique,

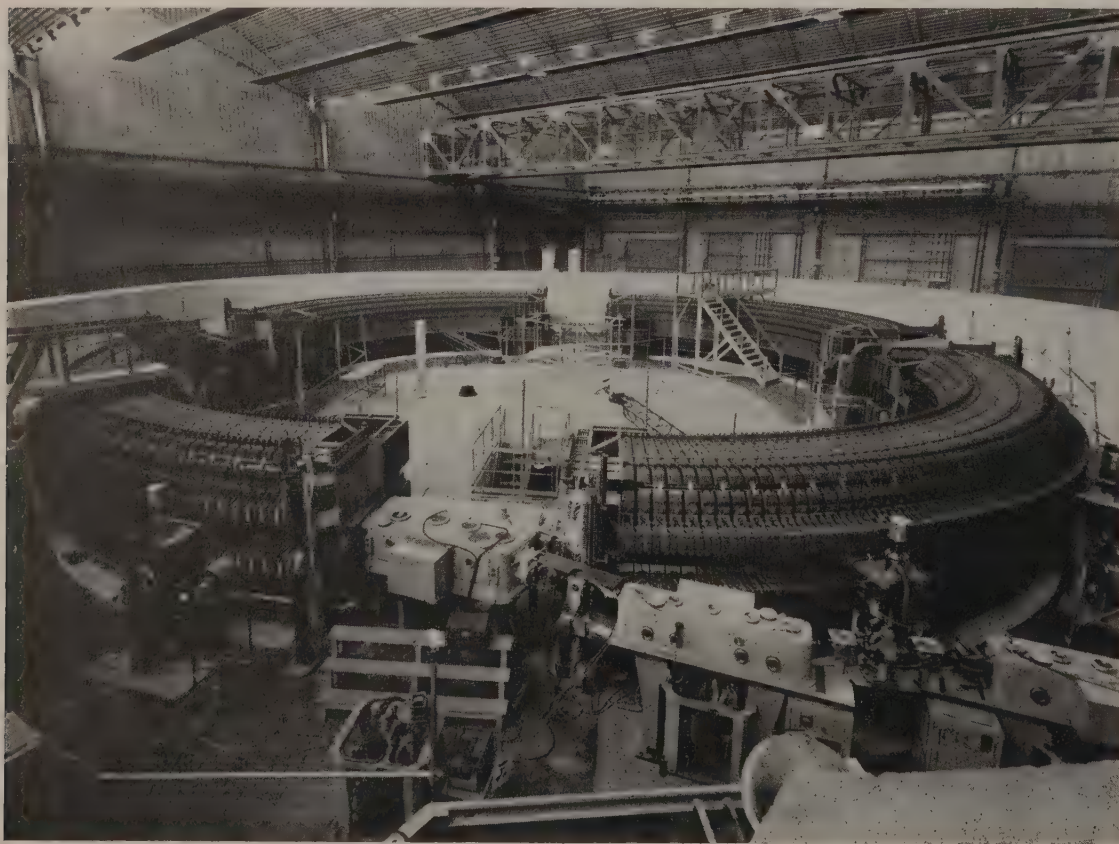


FIG. 1. — Vue d'ensemble de l'accélérateur « Saturne »

Au premier plan, la suite de déflecteurs électrostatiques qui constituent l'« optique d'injection ». L'accélérateur Van de Graaff, invisible ici, serait à droite. Au premier plan à gauche, l'un des groupes de pompage. Le système d'accélération HF est dans la section droite visible à droite sur la photographie. Au fond, le mur de protection de béton derrière lequel se trouvent les appareils de physique.

pour être toujours accélérateur, doit être synchronisé avec le mouvement des particules, et, puisque leur vitesse augmente, la fréquence du champ doit croître durant la période d'accélération. Le champ magnétique croît également de manière à maintenir l'orbite constante.

Les particules circulent dans une chambre à vide placée dans l'entrefer des aimants. La structure du champ magnétique au voisinage de la trajectoire est telle qu'une particule qui s'écarte de l'orbite moyenne soit soumise à des forces de rappel (focalisation). Pratiquement, les protons subissent des perturbations diverses (injection, chocs sur les molécules de gaz résiduel, inhomogénéités du champ) et effectuent autour de l'orbite moyenne des oscillations dans les plans horizontal et vertical, appelées « oscillations bêta-tron ». Les fréquences de ces oscillations sont légèrement inférieures à la fréquence de révolution (de l'ordre du mégacycle par seconde). Elles s'amortissent quand le champ magnétique augmente. C'est l'existence de ces oscillations qui commande les dimensions de la chambre à vide, et donc celles des aimants.

Pour des raisons de commodité, l'électro-aimant annulaire est constitué de quatre quadrants reliés par des sections droites sans champ magnétique. Les protons, préalablement portés à une énergie de 3,6 Mev par un accélérateur Van de Graaff, sont injectés dans l'une de ces sections droites en un point situé près de la circonférence extérieure de la chambre à vide. Une autre section droite contient la cavité électromagnétique qui produit le champ électrique de haute fréquence.

Le cycle d'accélération débute quand le champ magnétique commence à croître. Les premiers protons sont injectés, après un temps de 15 millisecondes, quand le champ magnétique atteint la valeur de 320 gauss telle que l'injecteur « vise » sur l'orbite d'équilibre. Celle-ci se contracte puisque le champ magnétique continue à croître (l'énergie des protons est alors toujours égale à l'énergie d'injection), c'est-à-dire que les particules initiales spiralent vers l'intérieur. Les suivantes, injectées en dehors de l'orbite d'équilibre, effectuent des oscillations, et l'injection cesse quand ces oscillations remplissent la chambre à vide. La valeur du champ magnétique est alors telle que l'orbite d'équilibre occupe le milieu de la chambre à vide. Environ 10^{12} protons sont ainsi injectés en un temps de 150 microsecondes.

Dès la fin de l'injection, la tension accélératrice est appliquée aux bornes d'un anneau isolant qui sépare en deux moitiés une section droite de la chambre à vide, et l'accélération démarre. Alors que la valeur de crête de la tension alternative est de 2 000 V, le gain d'énergie moyen par tour est de 1 160 V. Une particule qui franchit la cavité accélératrice, au moment où la tension atteint cette valeur en décroissant, retrouvera la même valeur de la tension au tour suivant. Une particule qui arrive plus tôt gagnera plus d'énergie, décrira un plus grand cercle, et arrivera en retard au tour suivant. Au contraire, une particule qui arrive plus tard que la particule dite « synchrone » décrira un cercle plus petit et, après une révolution complète, arrivera en avance. Il existe donc une phase d'équilibre autour de laquelle s'effectuent des oscillations stables dites « oscillations synchrotron ». Leur fréquence est de l'ordre du kilocycle par seconde. Elles s'amortissent rapidement. On voit que ces oscillations de phase conduisent à des oscillations radiales qui se superposent aux oscillations bêta-tron.

De tous les protons qui remplissaient la chambre à vide à la fin de l'injection, un grand nombre heurtent les parois, et sont perdus. Les autres se regroupent en un « paquet ». En fin de cycle, le faisceau présente une section elliptique de 6 cm sur 3 cm et contient quelques 10^{10} protons (quelques centièmes du nombre de protons injectés). Dans « Saturne »,

il faut aux protons 2,7 millions de révolutions, soit un parcours de 160 000 km, pour atteindre l'énergie de 2,7 Bev.

La tension HF est alors coupée, et les protons spiralent vers l'intérieur de la chambre, où ils viennent heurter une cible. Cette cible peut, de plus, être projetée vers le faisceau. Le choc cible-faisceau dure environ une milliseconde : c'est le temps pendant lequel seront émis les rayonnements secondaires étudiés par les physiciens. Ce temps peut être porté à une centaine de millisecondes en remplaçant la coupure brusque de la tension HF par une décroissance plus lente. Le même faisceau peut ainsi être « grignoté » en plusieurs fois pour le bénéfice d'utilisateurs différents.

II. DONNÉES TECHNIQUES

Rayon de l'orbite moyenne : 8,50 m.

Aimant : 1 100 t de fer et 55 t de cuivre (512 barres de cuivre refroidies par une circulation d'eau).

Le champ magnétique varie, au cours du cycle, d'une durée égale à 0,8 seconde, de 0 à 14 000 gauss. Cette variation est obtenue en appliquant, aux bornes des bobines des quatre quadrants en série, une tension continue de 5 000 volts. L'intensité varie de 0 à 4 500 ampères.

Cette tension continue est produite par deux alternateurs hexaphasés en série, décalés d'une demi-période (fréquence fondamentale : 70 périodes). Le courant dodécaphasé ainsi obtenu est redressé, ce qui laisse subsister des ondulations dont il faut corriger l'effet.

En fin de cycle, on inverse la tension de 5 000 volts, et le champ magnétique retombe à 0 en 0,8 seconde. Le générateur fonctionne alors comme un moteur, et une partie de l'énergie emmagasinée dans l'aimant est récupérée sous forme d'énergie cinétique d'un lourd volant. Après une période de repos de quelques secondes, un nouveau cycle recommence.

Chambre à vide. La section de la chambre à vide est d'environ 10×40 cm, avec un rayon de 8,50 m. Un vide d'environ $5 \cdot 10^{-6}$ mm de mercure est obtenu à l'aide de douze groupes de pompage (capacité de 3 000 litres par seconde pour chaque groupe).

Tension accélératrice HF. Pour que son impédance soit élevée à une valeur raisonnable (environ 50 ohms) la cavité accélératrice est chargée d'une tonne de ferrite. Un dispositif comprenant en particulier un condensateur tournant permet de l'accorder constamment à la résonance. La puissance HF au cours du cycle est de 4 kilowatts (elle serait excitée par un maître-oscillateur dont la fréquence est asservie à suivre la variation du champ magnétique).

Cette fréquence varie de 750 kilocycles à 8,3 mégacycles par seconde (pour une énergie finale de 3 Bev) au cours du cycle d'accélération. L'accélération se fait sur le second harmonique, c'est-à-dire que deux « paquets » de protons diamétralement opposés circulent simultanément dans la machine.

Annexes. L'alignement des aimants est très critique, et la machine repose sur un anneau de béton qui assure sa rigidité.

Elle est entourée d'un mur fait de blocs amovibles de béton lourd qui constitue une protection contre le rayonnement. Ce mur est percé de « canaux » pour permettre la sortie des faisceaux secondaires produits par l'impact du faisceau interne de protons sur des cibles. Les appareils de physique (détecteurs, chambres à bulles et chambre de Wilson) sont dans le hall de la machine, derrière le mur, ou à l'extérieur du bâtiment.



FIG. 2. — La salle de commande et de contrôle de « Saturne ».

Dans une salle voisine, dite salle de mesure, sont placés les appareils d'enregistrement électronique et de télécommande des expériences.

La commande de la machine se fait à distance. Un imposant

tableau de bord permet de régler et de suivre le comportement des différentes composantes de l'accélérateur.

La surface totale du hall de l'accélérateur et des salles de commande, d'alimentation et de mesures, est d'environ 6 000 m².

(Reproduction interdite)



le protecteur naturel de la pierre

LE CALCIN

Les constructions en pierres de taille prennent avec le temps un aspect brillant et jaunâtre : c'est la « patine ». On tend souvent à la

confondre avec le « calcin » qui est le résultat d'un phénomène différent comme nous allons essayer de le montrer.

FORMATION DU CALCIN

Le calcin est le résultat d'une réaction chimique : la carbonatation. La pierre de taille est une roche calcaire, donc une roche attaquable par les acides et tout particulièrement par l'acide carbonique. Lorsqu'elle est traversée par de l'eau chargée d'acide carbonique, les carbonates dont elle est composée sont dissous par l'acide en bicarbonates de calcium solubles. Ceux-ci se déposent à la surface de la pierre lorsque l'eau s'évapore. Ils se transforment alors, au contact de l'air chargé de gaz carbonique, en carbonates insolubles.

Ce phénomène peut se produire d'une manière rapide et plus complète dès l'extraction de la pierre et d'une façon plus lente et, par conséquent partielle, au cours de son exposition aux intempéries. Dans le premier cas, il faut faire entrer en ligne de compte l'eau de carrière ; dans le second, c'est l'eau de pluie qui intervient directement.

1. Rôle de l'eau de carrière.

L'eau de carrière est de l'eau de pluie, contenant de l'acide carbonique, qui s'est chargée, lors de son passage à travers les différentes couches du sol, de sels minéraux divers dont elle a eu le temps de se saturer.

La pierre en carrière en contient naturellement. Lorsqu'on l'extrait, il se produit une évaporation de cette eau qui amène les sels en surface. Au contact du gaz carbonique de l'atmosphère, ils se transforment en bicarbonates de calcium insolubles.

Ce phénomène ne dure que quelques mois après l'extraction. Il se complète par la formation du calcin né de l'exposition des façades aux intempéries.

2. Rôle de l'eau de pluie.

Lorsqu'il pleut, l'eau pénètre dans la pierre et ressort, en parois verticales, sensiblement au même endroit qu'elle est entrée. Lors de son trajet « aller et retour » à travers la pierre, elle se charge de bicarbonates de calcium et véhicule des sels solubles divers qu'elle dépose en surface en s'évaporant, les bicarbonates étant transformés, au contact du gaz carbonique de l'atmosphère, en carbonates insolubles.

Ces carbonates insolubles ainsi que les sels dissous obstruent les pores du matériau. Par dépôts successifs, la couche se forme jusqu'à devenir quasi imperméable. Elle s'oppose alors à de nouvelles pénétrations d'humidité, le phénomène étant autostabilisateur.

L'épaisseur de la couche est variable, pour chaque partie de l'ouvrage, suivant l'importance de son exposition aux intempéries. Elle est fonction, en outre, de la qualité de la pierre utilisée. Plus le matériau choisi a une structure serrée et, par conséquent, des pores de petit diamètre faciles à obstruer, plus la protection est efficace, car le calcin est difficilement traversé par l'eau. C'est pourquoi il faut choisir convenablement les pierres en fonction de leur degré d'exposition.

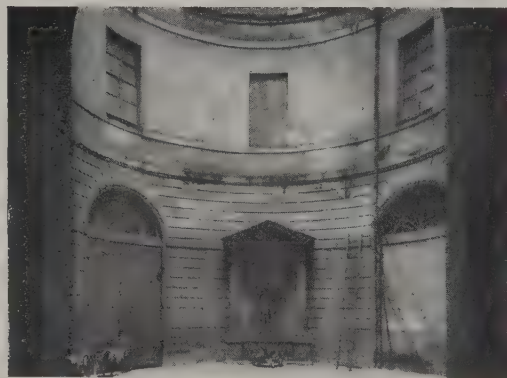
Il est à noter que la formation de calcin est dans ce cas beaucoup plus lente. L'eau de pluie pénétrant dans la pierre est généralement évaporée avant d'avoir eu le temps de se charger complètement en sels. Il faut de nombreux « aller et retour » pour déposer en surface autant de sels minéraux que l'eau de carrière en contient. En outre, elle ne se charge que de sels contenus dans la pierre alors que, dans la carrière, l'eau a trouvé des sels beaucoup plus variés.

Les pierres séchées, débitées en carrière et immédiatement utilisées en construction sans qu'une couche de calcin se soit formée ne deviennent étanches à l'humidité que lorsque, à la suite de pluies fréquentes, il s'effectue de nombreux trajets « aller et retour » de l'eau dans la pierre. Si la construction a été faite pendant un été sec, il n'est pas anormal de constater sur la partie interne des murs, au cours de l'hiver qui suit, des

taches d'humidité, le calcin n'ayant pas eu le temps de se constituer.

Il est des cas malheureusement où une pierre de structure trop lâche est soumise aux intempéries. L'eau pénètre alors dans la pierre plus profondément et, par gravité, ressort à un endroit différent de celui de l'entrée, n'effectuant qu'un trajet à sens unique.

Que se passe-t-il alors ? Au point d'entrée, il n'y a pas formation de calcin et, par conséquent, pas de protection contre la pénétration de nouvelles quantités d'eau. Au point de sortie, le



(Ph. Centre de Recherche des Monuments historiques)
Altération de la pierre par suite de la formation
d'un mauvais calcin.

dépôt s'ajoute, à un calcin existant, lui donnant une épaisseur telle qu'il joue le rôle de filtre en quelque sorte ne laissant passer que l'eau pure. les bicarbonates obstruant la totalité de l'espace disponible des pores, les sels se déposant derrière le calcin existant. Par la force d'expansion considérable des cristaux, la couche déjà formée éclate. C'est le mauvais calcin. La pierre est alors détériorée par l'attaque des agents chimiques de toutes sortes et le gel.

RAVALEMENT ET CONSERVATION DU CALCIN

Le rôle du calcin est, comme nous venons de le voir, de protéger la pierre contre les intempéries. Empêchant l'eau de pénétrer à l'intérieur de la construction, il limite les risques de gel, l'attaque éventuelle du calcaire, mis à nu par l'absence de calcin, par l'atmosphère acide et polluée. Aussi faut-il, dans la mesure du possible, le conserver lorsqu'on effectue un ravalement.

Les édifices en pierres de taille prennent avec le temps, surtout dans les villes, un aspect noir et sale, dû aux poussières, aux suies collées provenant des fumées d'usines ou de foyers industriels, des gaz d'échappement des véhicules, des souillures diverses. Cette couche s'ajoute au calcin. Il faut l'enlever, car elle maintient l'humidité et fixe les agents destructeurs.

Quels sont les moyens utilisés ? Il en existe trois, sortes :

- le grattage,
- le nettoyage,
- le lavage.

1. Le grattage.

C'est le procédé le plus brutal. On utilise un appareil appelé « chemin de fer », sorte de rabot à pierre. Avec cet instrument, on enlève souillures et calcin. La pierre retrouve son aspect d'origine, mais le calcin n'existe plus. Il faut attendre qu'il se reconstitue ; on perd alors le bénéfice du temps.

Il est un autre procédé qui doit être assimilé au grattage, c'est le nettoyage au jet de sable hydro-pneumatique (1). Il présente l'inconvénient d'être un moyen aveugle qui détruit les arêtes vives déformant les profils de structure. Comme le grattage au chemin de fer, il ôte le calcin avec les souillures.

2. Le nettoyage.

Il se fait à la brosse dure en fils de laiton. Aux endroits particulièrement sales, on utilise la brosse en fils d'acier plus décapante ; on a même recours, dans certains cas, au chemin de fer.

Le nettoyage à la brosse uniquement conserve le calcin. Lorsque le procédé mécanique employé a ôté le calcin, on peut remédier à cette disparition en appliquant des fluosilicates sur la façade. Ils forment une couche protectrice, sorte de calcin artificiel incolore, qui empêche l'eau de pluie de pénétrer.

(1) La note préfectorale du 6 juin 1959 — B.M.O. Paris du 8 juin 1959 — s'oppose au nettoyage par jet de sable dans le département de la Seine.

3. Le lavage.

Ce procédé a l'avantage de conserver le calcin.

a) Lavage au jet de vapeur et à la brosse en fils de laiton. Ce procédé présente des risques d'infiltration dans la face interne des murs aux droits des joints.

b) Lavage à l'eau additionnée de 10 à 20 % d'ammoniaque. Ce procédé est employé uniquement pour les petites surfaces. Il est recommandé de laver abondamment pour ne pas laisser de traces d'ammoniaque dans la pierre.

Précautions supplémentaires : emploi des silicones.

L'hydrofugation des façades par les silicones (Cf. N. T. 39) assure une imperméabilisation plus complète. Leur application ne permettant plus à la pierre d'être mouillée, les poussières et les suies ne peuvent plus se délayer dans la couche humide qui, par temps de pluie, recouvre la façade et l'imprègne de crasse. De plus, les poussières se collent moins facilement sur des parois sèches et sont toujours plus aisément enlevées par la pluie. Ainsi les pierres passées aux silicones gardent leur aspect propre aussi longtemps que ces produits font effet, leur efficacité étant naturellement fonction de leur qualité et de la structure de la pierre.

*
**

Le calcin est le protecteur de la pierre. Il collabore à sa bonne conservation. Aussi est-il conseillé d'entretenir les façades des immeubles en pierres de taille afin de les débarrasser des impuretés et des poussières que les souillent et les altèrent, mais en prenant soin de ne pas gratter le calcin, ce qui ôterait à la pierre sa meilleure arme de défense contre l'humidité.

SUPPLÉMENT AUX ANNALES DE L'INSTITUT
TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX
PUBLICS N° 142, OCTOBRE 1959.

LE DIRECTEUR-GÉRANT : P. GUÉRIN

IMPRIMERIE G. GRANGUILLOT - PARIS.

la vibration

du BÉTON

Seul un béton très compact donne un béton de grande résistance. Pour l'obtenir, chacun sait qu'il faut mettre le moins d'eau de gâchage possible, mais il subsiste toujours des vides dans la

masse coffrée, les agrégats s'appuyant les uns sur les autres d'une manière cahotique. Aussi a-t-on recours à la vibration qui est un moyen perfectionné de mise en place du béton.

EXPLICATION DU PHENOMENE

La vibration du béton a pour but de mettre en mouvement les agrégats de façon à ce qu'ils trouvent une position d'équilibre en s'imbriquant les uns les autres.

*
**

Un caillou sur une surface plane a plusieurs positions d'équilibre possibles. Placé dans une masse de cailloux, il a, par rapport à eux, un

plus grand nombre de positions d'équilibre. Si on soulève un sac de cailloux et qu'on lui imprime des secousses, chaque secousse permet aux cailloux de trouver une position plus stable.

Lorsqu'on vibre le béton, il se passe le même phénomène. Les agrégats, étant choqués dans tous les sens, peuvent être considérés comme flottant dans l'eau de gâchage. La masse totale



FIG. 1. — Les agrégats, au cours de la vibration, trouvent les positions d'équilibre laissant de moins en moins de vides. A la fin de la vibration, la laitance apparaît en surface.

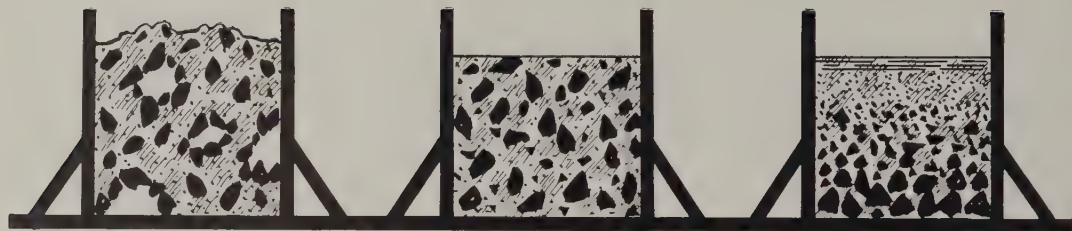


FIG. 2. — Béton non vibré.

Béton vibré.

Béton trop vibré : ségrégation.

du béton est alors comparable à une sorte de liquide visqueux, ce qui assure une meilleure mise en place dans les coffrages et un meilleur enrobage des armatures. A l'arrêt de la vibration, le béton redevient raide.

Si on poursuit l'expérience, les cailloux, grâce à de nouveaux rebondissements, abandonnent cette position d'équilibre. La masse totale étant complètement dissociée, se comportant comme un liquide ayant les agrégats en suspension, il se fait un nouveau classement des agrégats par densité apparente, les gros cailloux ayant tendance à descendre dans le fond du sac ; c'est ce qu'on appelle la ségrégation.

* *

Il existe plusieurs moyens de vibrer le béton, mais le plus utilisé est la pervibration qui consiste à introduire une aiguille vibrante dans le béton.

Chacun sait qu'on fait vibrer des verres en jouant du piano, certains vibrant pour une touche frappée, d'autres pour une autre. A la fréquence (1) du vibreur, certains éléments du béton tournent sur eux-mêmes et se déplacent jusqu'à ce qu'ils trouvent une position d'équilibre stable.

Une fréquence élevée fait vibrer les petits agrégats, les gros vibrant, eux, pour des fréquences beaucoup plus basses. Mais il ne faudrait pas croire qu'il faille utiliser des vibreurs de fréquences différentes pour faire vibrer chaque

type d'agrégats. L'usage permet de voir que, pour des fréquences de 5 à 8.000 périodes/minute, on fait vibrer l'agrégat moyen du béton qui, en poussant les autres, suffit à les mettre en place.

* *

Le temps de vibration varie suivant les qualités du béton et les conditions spécifiques de l'ouvrage à vibrer (dimensions et forme des agrégats, épaisseur de la masse, difficulté de mise en place). On apprécie le moment où la vibration est suffisante lorsqu'il ne se forme plus de bulles en surface et que cette dernière est recouverte d'une mince couche de laitance brillante.

Ce temps de vibration est d'autant plus court pour une fréquence élevée que le dosage en ciment est riche, les agrégats plus petits, la masse du béton à vibrer plus faible et plus plastique. On peut le déterminer par un essai relatif à chaque cas particulier, mais il varie, en général, de trente secondes à deux minutes.

Il est dangereux de vibrer un béton trop longtemps ; des risques de ségrégation sont alors à craindre.

* *

Pour déterminer le rayon d'action du vibreur, il suffit de plonger le vibreur au centre de la masse coffrée, de prendre une barre d'acier de 20 mm de diamètre et de 0,50 m de haut que l'on pose sur le béton en la maintenant avec la main à différentes distances du vibreur. La barre s'enfonce d'autant plus profondément

(1) Fréquence de vibration : nombre de vibrations par minute, variant suivant le type de vibreur (entre 1.500 et 16.000).

qu'on se rapproche du vibreur. Le rayon d'action du vibreur est déterminé par l'enfoncement complet ou à fond de coffrage en une minute.

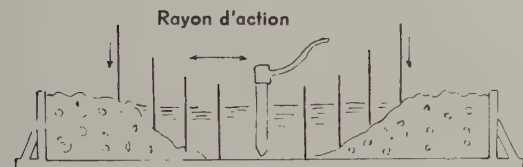


FIG. 3. — Le rayon d'action du vibreur.

Lorsqu'on a déterminé le rayon d'action, soit R , on sait que, pour vibrer complètement le béton, il faut planter l'aiguille successivement à des distances qui correspondent chacune à deux R .

Le béton destiné à être vibré doit être de consistance beaucoup plus sèche que le béton ordinaire. Un béton gâché sec, bien vibré, dosé à 350 kg de ciment, de classe 250/315, donnera souvent des résistances supérieures à 400 kg/cm².

AVANTAGES DE LA VIBRATION

— Accroissement des caractéristiques mécaniques du béton qui permet de le faire travailler à un taux plus élevé, soit par des dimensions plus faibles de l'ouvrage, soit par une meilleure utilisation du dosage.

— Décoffrage et durcissement plus rapide, diminution du retrait, moins de risques de ségrégation lors du transport, le béton étant gâché plus sec.

— Augmentation des propriétés physiques (densité, compacité, résistance aux agents atmosphériques).

— Meilleure adhérence des armatures dans le cas du béton armé.

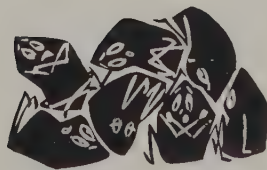
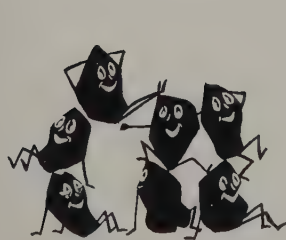


FIG. 4. — Avant, pendant et après la vibration.

FICHE DE CHANTIER

Comment réaliser la pervibration ?

Introduire et retirer lentement l'aiguille verticalement dans le béton. Incliner le vibreur, si la construction l'impose, mais jamais au-delà de 45°.

La consistance du béton doit être telle que le pervibrateur s'enfonce de lui-même lentement.

Ne pas déplacer l'aiguille horizontalement pendant la vibration.

Ne pas vibrer une épaisseur de béton supérieure à la longueur de l'aiguille.

Ne pas introduire l'aiguille à moins de 10 à 15 cm des coffrages pour éviter la formation de bulles d'air et de laitance le long des coffrages.

Estimer le rayon d'action du pervibrateur en observant la surface du béton. La zone vibrée correspond à l'apparition de laitance à la surface. S'il apparaît trop de laitance (plus de 2 mm) ou si le béton se ride, il y a ségrégation.

Introduire l'aiguille et l'ôter à vitesse constante (de l'ordre de 8 cm/s).

Les Peintures à souder

Les peintures à souder, appelées improprement peintures parce qu'elles s'appliquent au pinceau ou au pistolet, sont des composés concentrés d'étain pulvérisé qui se présentent sous une

forme pâteuse. Depuis quelques temps employées en France, elles ont généralement donné d'excellents résultats et, dans de nombreux cas, facilitent les travaux de soudure.



APPLICATION

Leur emploi ne nécessite aucune précaution spéciale.

Les peintures à souder sont, selon les marques, employées telles quelles ou délayées dans de l'eau. Elles sont étalées au pinceau, au pistolet ou au chiffon sur la surface métallique préalablement dérouillée et chauffées à la flamme suivant les méthodes traditionnelles. Il faut ensuite essuyer la partie soudée de façon à obtenir une surface nette.

AVANTAGES

Parmi les nombreux avantages des peintures à souder, nous citerons :

- la possibilité de faire ultérieurement, sur des surfaces métalliques préalablement étamées par ce procédé, les soudures à l'étain classiques sans précautions spéciales, quelle que soit la masse de la pièce ;
- la facilité de mettre une armature, un cuivre par exemple ;
- la suppression des pâtes, sels, poudres à

décaper et à fixer les matériaux d'apport ;
— l'absence de vapeurs acides et fumées nocives, ce qui augmente la sécurité du chantier.

* *

Notre fichier contient à l'heure actuelle les noms des produits suivants :

EPATAM, Compagnie Franco-Britannique des Alliages et Métaux non-ferreux, 149, rue Saint-Honoré, Paris (1^{er}).

TINEA, Compagnie Française de l'Etain, 15, rue du Rocher, Paris (8^e).

SODITIN-Soudure, Société commerciale des soudures industrielles, 26, rue Brunel, Paris (17^e).

SOUDALINE, R. L. B., à Bourseville par Friville (Somme).

Constamment de nouveaux produits apparaissent sur le marché. Consultez-nous par téléphone (POIncaré 25-25), pour connaître ceux qui nous auraient été signalés depuis la parution de cette liste.



Inconvénient supprimé avec l'emploi des peintures à souder.



Ventilation des Cuisines Collectives

Le problème de la ventilation des cuisines collectives a déjà été abordé succinctement dans la note d'information n° 20 « Humidité et ventilation des cantines » ; nous nous proposons ici de reprendre ce problème en essayant de dégager quelques principes fondamentaux qui pourront être utiles aux constructeurs.

Précisons tout de suite qu'il ne s'agit, dans cette note, que des cuisines des grandes collectivités à l'exclus'ion des cuisines familiales qui, peut-être, posent des problèmes analogues mais de moindre envergure. Dans ce dernier cas, les règlements de construction donnent en général de bonnes solutions.

*
* *

Les deux principaux ennemis à combattre sont l'humidité et les odeurs de cuisine qui font naître très souvent une sensation d'inconfort.

D'OU VIENT CETTE HUMIDITE ?

Les sources d'humidité sont nombreuses et variées : l'ouverture des marmites, les bacs remplis d'eau chaude, les lavages fréquents et nécessaires du carrelage entraînent un dégagement impressionnant de buées.

L'air contient toujours de la vapeur d'eau en quantité limitée (quelques grammes par mètre cube) qui varie en fonction de sa température. L'air saturé d'humidité se condense et ruisselle sur les murs toujours plus froids.

Les odeurs de cuisine qui s'exhalent à toutes heures du jour sont persistantes et difficiles à chasser. Quels remèdes peut-on y apporter ? Il est impossible de donner une solution idéale : chaque cas est à étudier séparément en tenant compte des possibilités qui sont offertes : orientation, ouvertures, etc... L'essentiel est de placer la cuisine en dépression par rapport aux locaux attenants pour empêcher les odeurs de se répandre.

Voici les quelques principes dont il ne faut pas se départir pour la mise au point d'un système de ventilation rationnel :

a) Nécessité de capter la chaleur, les odeurs, les buées et les gaz nocifs à l'endroit même où ils prennent naissance et de les chasser dans des gaines qu'il ne faut pas confondre avec les conduits de fumée destinés à recevoir les produits de la combustion.

b) Ventilation conçue de façon à éviter des courants d'air trop prononcés au voisinage du personnel de manière à ne pas l'incommoder.

c) Possibilité de régler l'intensité de la ventilation suivant les besoins réels du moment : ventilation ralentie pendant la période de préparation mais amplifiée au moment de la cuisson.

d) Maintenir la cuisine en dépression de façon à éviter les fuites d'air vicié vers les locaux attenants.

CES PRINCIPES ETANT POSES, COMMENT PEUT-ON VENTILER UNE CUISINE ?

Plusieurs moyens plus ou moins appropriés suivant la disposition des lieux s'offrent tant au constructeur qu'à l'installateur de cuisine.

1. Fenêtres.

La fenêtre est un moyen de ventilation naturelle. Encore faut-il que ses dimensions soient en rapport avec le volume d'air à renouveler, que son emplacement soit tel qu'il facilite l'évacuation de l'air vicié et l'entrée de l'air frais. Ce procédé fort approprié pour les cuisines familiales est insuffisant pour aérer les cuisines de collectivités en raison du volume important d'air vicié à évacuer.

En hiver, la fenêtre apporte une masse d'air froid insupportable pour les occupants. La plu-

part du temps, on ferme la fenêtre en oubliant que l'air ne se renouvelle plus.

2. Gains de ventilation.

Elles sont quelquefois suffisantes pour des cuisines familiales, mais, toujours pour la même raison du brassage important de l'air, elles restent inefficaces pour les grandes cuisines. Elles doivent être mises en dépression et surtout équipées d'un aspirateur.

D'une part, il est prévu une évacuation d'air, placée le plus près possible des zones de production de chaleur. D'autre part, l'air évacué devant être remplacé, de l'air frais est introduit (de préférence, diamétralement opposé à la gaine d'évacuation) à la fois dans la cuisine et dans la salle de restaurant.



(Ph. P. Bertrand).

Les gaines ne doivent pas créer de courants contraires, mais elles doivent être orientées. Elles doivent également rester en parfait état de propreté : le matériel d'extraction court le risque d'être encrassé par les vapeurs grasses résultant de la cuisine. Pour y remédier, on place généralement à proximité immédiate des bouches d'extraction des boîtes et des filtres à graisses qu'il faudra nettoyer régulièrement.

Il est difficile de déterminer par avance et d'une façon précise le taux de renouvellement nécessaire : ce taux varie en fonction :

- du volume de la cuisine,
- du nombre de convives à servir,
- de la conception même des appareils de cuisson.

Si l'on consulte des ouvrages spécialisés, on constate que les taux de renouvellement d'air recommandés varient entre 10 et 30 volumes horaires suivant l'importance des cuisines.

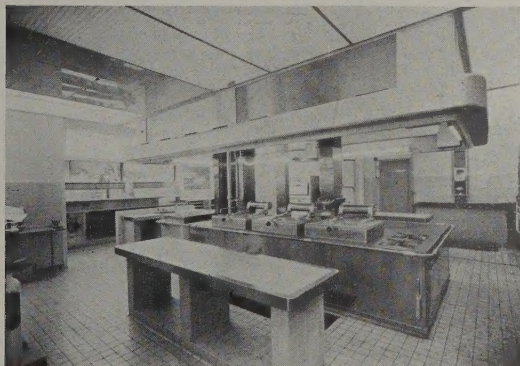
Une ventilation trop forte est aussi gênante qu'une ventilation insuffisante, elle est coûteuse et provoque des courants d'air malsains.

En hiver, ne pas oublier de réchauffer l'air neuf introduit.

3. Hotte.

La hotte n'est pas un appareil de ventilation sauf si elle est mise en dépression et reliée à un conduit de ventilation. Elle capte buées et odeurs à leur source.

Plus vite seront évacuées les buées, plus faible sera le taux de renouvellement.



(Ph. P. Bertrand).

Quoi qu'il en soit, les hottes doivent déborder très légèrement de l'alignement des appareils de cuisson tout en ne couvrant pas les zones de séjour des cuisiniers ; leurs parois devront descendre assez bas de façon à créer un courant d'aspiration suffisamment efficace.

On est souvent amené à réchauffer, au moment de l'évacuation, les gaz et la gaine elle-même pour éviter que les condensations se produisent sur les parois.

Dans l'aménagement des cuisines collectives modernes, on tend de plus en plus à supprimer la hotte, autant pour des raisons d'esthétique que de commodité, soit en créant un courant d'air qui balaie le plafond, zone où s'accumule l'air vicié, soit, surtout, en captant les buées à leur source par des aspirateurs de buées.

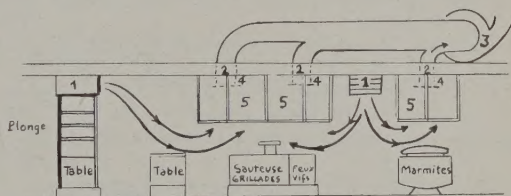


FIG. 1 * — 1) Gaines et bouches d'amenée d'air neuf — 2) Orifices d'extraction d'air chargé — 3) Ventilateur centrifuge d'extraction — 4) Filtres à graisse — 5) Hottes.

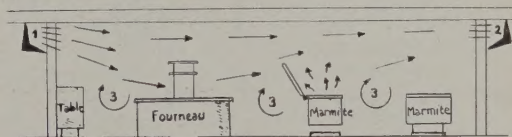


FIG. 2 * — 1) Gaine d'amenée d'air neuf — bouche de soufflage — 2) Gaine avec ventilateur d'extraction — 3) Mouvements de convection induits.

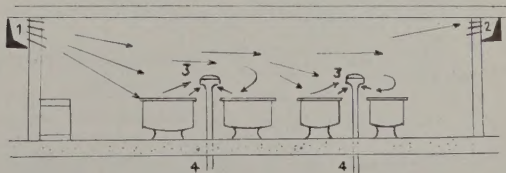


FIG. 3 * — 1) Gaine d'arrivée d'air neuf — 2) Gaine d'extraction — 3) Aspirateurs de buées — 4) Canalisations d'extraction (vers boîte à graisse et ventilateur).

* (schémas tirés d'un article de M. Jean OLIVET, Revue de l'Economie).

Après ce court exposé, vous comprenez sûrement pourquoi il est pratiquement impossible de donner une solution idéale à un problème de ventilation déterminé ; chaque installation doit

faire l'objet d'une étude particulière en ne perdant jamais de vue les principes fondamentaux que nous avons essayé de dégager.



ANNONCES

SIXIÈME CONGRÈS-EXPOSITION INTERNATIONALE DES TECHNICIENS DE LA SANTÉ

Le sixième Congrès des Techniciens de la Santé qui s'est tenu à Paris, au Parc des Expositions du 9 au 12 juin dernier, a obtenu un succès sans précédent dans les annales hospitalières.

Le thème général était :

« Conditions de vie du malade dans les établissements de soins de jour ; le rôle des techniciens de la santé pour la construction, l'équipement, la gestion et l'approvisionnement. »

En raison des nombreuses demandes qui lui sont parvenues de tous côtés et de l'importance des sujets qui y ont été traités comme de la qualité des interventions, la revue « Techniques Hospitalières » fait connaître aux techniciens : médecins, chirurgiens, spécialistes et non-médecins (administrateurs, directeurs-économistes, architectes, ingénieurs, etc...) qu'elle dispose d'un certain nombre de numéros de mai, juin et juillet 1959 qui comportent les rapports des journées de travail, le compte rendu des interventions ainsi que la première grande Exposition hospitalière.

S'adresser à la revue « Techniques Hospitalières », 37, rue de Montholon à Paris (9^e).

Pour la France : la série des trois numéros..... 1 200 F port compris
Pour l'étranger : la série des trois numéros..... 1 500 F port compris
C.C.P. PARIS 473-018

ASSOCIATION FRANÇAISE DE NORMALISATION NORMALISATION INTERNATIONALE BLOCS EN BETON

La Marque Nationale NF est mise en œuvre dans le domaine des blocs en béton pour maçonnerie.

Tous les fabricants dont les produits seront mis en conformité avec les normes NF P 14-301 et 304, NF P 14-404-405 et 406, peuvent, dans les conditions fixées par le règlement d'attribution, obtenir pour ces produits l'octroi de la Marque Nationale NF.

Toutes les demandes d'admission à la Marque qui parviendront à l'A.F.N.O.R., 23, rue Notre-Dame-des-Victoires, Paris (2^e) seront examinées conjointement et feront l'objet, après avis du Comité particulier siégeant à l'A.F.N.O.R., de trains successifs bénéficiaires de la Marque NF.

JOURNÉES INTERNATIONALES D'ÉTUDE DES EAUX — 1960 Liège, 29 avril - 5 mai

LES PROBLÈMES DE CORROSION, D'EAU D'ALIMENTATION, DE RIVIÈRES, À L'ÉCHELLE EUROPÉENNE

Dans la lutte contre la corrosion, dans la distribution de l'eau aux communautés et aux industries, dans la mise à disposition des eaux usées, la coopération européenne s'impose comme un des aspects de l'inéluctable tendance des nations de ce continent vers l'union.

Par ses Journées d'études de 1960, le CEBEDEAU (Centre Belge d'Étude et de Documentation des Eaux) veut d'abord rendre hommage aux organisations qui sont déjà en activité dans le cadre européen, mais il veut surtout aider à promouvoir de nouveaux programmes de travail, parfaitement coordonnés en vue du bien-être de la communauté européenne.

Dans les trois sections ci-dessous définies, les organismes et personnalités spécialisés de tous pays sont donc invités à communiquer les résultats de leurs études ou de leur expérience, dans ce qu'ils présentent de plus intéressant pour l'économie européenne.

AVANT-PROGRAMME : SUJETS PROPOSÉS

SECTION I : CORROSION les 29 et 30 avril 1960.

- Le point de vue européen sur le problème de la corrosion;
- L'activité des organismes européens d'étude de la corrosion et de la lutte contre la corrosion;
- Les problèmes de corrosion dans le transport de l'eau et d'autres liquides sur de longues distances;
- La productivité et les problèmes industriels de corrosion;
- Corrosion et équipement pour production d'énergie nucléaire en Europe;
- La lutte contre la corrosion et l'emploi des nouveaux matériaux (matières plastiques pour tubes, pompes, robinetterie, etc.; réseaux mixtes, etc.).

SECTION II : EAU D'ALIMENTATION les 2 et 3 mai 1960.

- Les grandes réserves d'eau européennes : souterraines, superficielles, bassins versants; (quantités, qualités, exploitabilité, droit des eaux, etc.);
- La collaboration européenne des laboratoires dans l'étude des eaux et des traitements d'eaux.
- Le recours aux eaux de mer et aux eaux saumâtres en Europe;
- Le prix de l'eau et l'économie européenne;
- La normalisation internationale des équipements, des exigences pour réactifs, etc.
- Ce que le potentiel scientifique et technique européen peut apporter aux pays sous-développés.

SECTION III : RIVIÈRES les 4 et 5 mai 1960.

- Les objectifs de la Fédération Européenne pour la Protection des Eaux;
- L'usage des cours d'eau et lacs internationaux ou limitrophes;
- La pollution des nappes souterraines internationales, des mers, des eaux météoriques.
- La mise à disposition des déchets radioactifs en Europe;
- L'étude internationale des rivières (classification, pollution);
- Le coût de l'épuration et l'économie européenne;
- La normalisation internationale des équipements, des installations préfabriquées, des exigences légales (rivières et affluents), etc.;
- Ce que l'expérience européenne peut apporter aux pays en expansion, dans le domaine du bon usage des eaux.

L'organisation des

Journées Internationales d'Étude des Eaux — 1960

est placée sous la direction de

M. Edm. LECLERC,
Professeur à l'Université de Liège,
Directeur du CEBEDEAU.

Les demandes de participation sont reçues dès à présent au
CEBEDEAU, 2, rue A. Stévant, Liège, Belgique.

BATIR

REVUE TECHNIQUE DE LA FÉDÉRATION NATIONALE DU BATIMENT ET DES ACTIVITÉS ANNEXES
PUBLIÉE AVEC LE CONCOURS DE L'INSTITUT TECHNIQUE ET DES LABORATOIRES DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

SOMMAIRE

N° 88

OCTOBRE

1959

- Perfectionnement et promotion.
- Châteaux dans la lune.
- Quoi de neuf?
- MÉTAL**
- Le premier parking mécanique construit en France.

PATHOLOGIE

DE LA CONSTRUCTION

Bétonnage (II).

- Humour et construction.
- Coupole pour une Académie.

VISITE DE CHANTIER

Lycée à Reims.

- Purifier l'air des villes.

- Une cité à côté de la City : Golden Lane Estate, à Londres.
- Un pari du comte d'Artois et de Marie-Antoinette : Bagatelle.
- Tribune Aproba.
- Fiches bibliographiques.
- NOUVEAUTÉS BREVETÉES**
- Paumelles et charnières.

INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS

CONFÉRENCES DU CENTRE D'ÉTUDES SUPÉRIEURES

Session 1959-1960 — Première série

MARDI 3 NOVEMBRE 1959, à 17 h. 30, 7, rue La Pérouse

sous la présidence de M. A. BALENCY-BEARN,
Président honoraire fondateur du Comité Européen du Béton.

COMPTE RENDU DES TRAVAUX DU COMITÉ EUROPÉEN DU BÉTON

Conclusions Techniques de la 5^e Session de Vienne — avril 1959.

par M. Y. SAILLARD, Ingénieur Civil des Ponts et Chaussées,
Directeur Technique de la Chambre Syndicale
des Constructeurs en Ciment Armé.

MARDI 10 NOVEMBRE 1959, à 17 h. 30, 7, rue La Pérouse

sous la présidence de M.P. KOCH,
Inspecteur Général des Ponts et Chaussées,
Directeur Technique des Eaux et de l'Assainissement.

PROCÉDÉS D'EXÉCUTION D'AQUEDUCS SOUTERRAINS

par M. MEROT, Ingénieur Divisionnaire des Services Techniques,
Chef des Projets du Service des Grands Travaux d'Assainissement.

MARDI 17 NOVEMBRE 1959, à 17 h. 30, 7, rue La Pérouse

LABORATOIRE SPHÉRIQUE POUR ACCÉLÉRATEUR D'ÉLECTRONS DE L'INSTITUT D'OPTIQUE ÉLECTRONIQUE DU CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE A TOULOUSE

par M. C. MONTAGNÉ, Premier Grand Prix de Rome,
Architecte en Chef des Bâtiments Civils et Palais Nationaux.

MARDI 24 NOVEMBRE 1959, à 17 h. 30, 7, rue La Pérouse

sous la présidence de M. Reynold ARNOULD,
Conservateur du Musée du Havre.

EXEMPLE CONCRET D'ARCHITECTURE FONCTIONNELLE LE MUSÉE DU HAVRE

par MM. Guy LAGNEAU, Architecte D.P.L.G.
et J. RIO, Ingénieur E.C.P.

MARDI 1^{er} DÉCEMBRE 1959, à 17 h. 30, 7, rue La Pérouse

sous la présidence de M. J. LAPEBIE,
Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées.

LA CONSTRUCTION D'UN OUVRAGE D'ART EN AGGLOMÉRATION

Le pont de la R. N. 3 sur les voix ferrées de l'Est.
par M. R. GIRAUD, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées

MARDI 8 DÉCEMBRE 1959, à 17 h. 30, 7, rue La Pérouse

LES PILES-PISCINES MELUSINE, TRITON ET MINERVE

par MM. J. COURBON, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées,
Directeur des Études à la Société des Grands Travaux de Marseille
et TRIOULAIRE, Ingénieur au Commissariat à l'Énergie Atomique.

MARDI 15 DÉCEMBRE 1959, à 17 h. 30, 7, rue La Pérouse

sous la présidence de M. R. L'HERMITE,
Délégué Général des Laboratoires du Bâtiment
et des Travaux Publics.

LE PREMIER AGE DU BÉTON

(exposé des Recherches effectuées au C.E.B.T.P.)
par MM. L. VIRONNAUD, Chef du Service Matériaux
et M. MAMILLAN, Chef de Section.
au Centre Expérimental de Recherches et d'Études du Bâtiment
et des Travaux Publics.

MERCREDI 16 DÉCEMBRE 1959, à 17 h. 30, 7, rue La Pérouse

ASPECTS ACTUELS DE LA CONSTRUCTION MÉTALLIQUE EN ALLEMAGNE, AUX U.S.A., AU MEXIQUE ET AU JAPON

(compte rendu de missions d'études)

L'INFORMATION TECHNIQUE CINÉMATOGRAPHIQUE

MERCREDI 18 NOVEMBRE 1959, à 18 h précises — 7, rue La Pérouse

Programme :

OPÉRATION CONFORT

L'AMÉNAGEMENT DE ROSELEND — PERCEMENT DE GALERIE

CHANTIERS EN ALGÉRIE

La carte spéciale d'inscription sera demandée à l'entrée.